

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta Strojní

Katedra robototechniky

Návrh a realizace výukového RTP pro PR MITSUBISHI RV-2AJ na UCR

Design and realization of Educational Robotized Workplace for Industrial Robot MITSUBISHI RV-2AJ

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Ján Babjak

Student:

Bc. Jiří Grill

Ostrava 2010

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra robototechniky

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Jiří Grill

Studijní program:

N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor:

2301T013 Robotika

Téma:

Návrh a realizace výukového RTP pro PR MITSUBISHI RV-2AJ
Design and Realization of Educational Robotized Workplace for
Industrial Robot MITSUBISHI RV-2AJ

Zásady pro vypracování:

1. Analyzujte možnosti a funkce robotu MITSUBISHI RV-2AJ.
2. Navrhněte a realizujte demonstrační úlohy pro výše uvedený robot.
3. Vypracujte dokumentaci k daným úlohám.
5. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu MS WORD, přiložte kompletní schémata a případné výpisy zdrojových kódů programů.

Seznam doporučené odborné literatury:

Dokumentace k robotům MITSUBISHI RV-2AJ.

ČSN 01 6910 Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory. Praha : Český normalizační institut, srpen 1997, 36 s.

ČSN ISO 690 Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura. Praha : Český normalizační institut, 1996, 32 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ján Babjak**

Datum zadání: 30.11.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



prof. Dr.Ing. Petr Novák
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

.....

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé kvalifikační práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :

.....

Bc. Jiří Grill

Štramberská 1352, Příbor, 742 58.

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

GRILL, J. *Návrh a realizace výukového RTP pro PR MITSUBISHI RV-2AJ : diplomová práce*. Ostrava : VŠB - Technická Univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robototechniky, 2010, 55s. Vedoucí práce: Babjak, J.

Diplomová práce se zabývá rozdělením robotů podle kritérií a ukazuje kinematické struktury průmyslových robotů. Následně uvádí informace o skupině robotů Mitsubishi Melfa, do kterých spadá i robot RV-2AJ. Ten je dále popsán podrobněji s vypsáním technických parametrů do přehledné tabulky. Pro názornost je vybrána skupina robotů dalších výrobců s parametry, které se nejvíc přiblížily robotu RV-2AJ a je provedeno jejich srovnání. Dále je zde popsáno programovací prostředí COSIROP a základní úkony jsou rozebrány jak v tomto prostředí, tak pomocí ovládacího panelu. Následuje návrh výukového RTP pro dvojici robotů RV-2AJ doplněn náhledem vytvořeným v softwaru Pro/Engineer a nakonec jsou navrženy a realizovány vzorové úlohy. Tyto jsou zpracovány a přiloženy v příloze diplomové práce.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

GRILL, J. *Design and Realization of Educational Robotized Workplace for Industrial Robot MITSUBISHI RV-2AJ : Master Thesis*. Ostrava : VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of mechanical engineering, Department of Robotics, 2010, 55s. Thesis head: Babjak, J.

Master thesis deals with the dividing of robots according to the criteria and shows the kinematic structures of industrial robots. There are informations about group of robots Mitsubishi Melfa, which includes robot RV-2AJ. This type is described in more detail and its technical parameters are written into arranged table. There is for

clearness selected group of robots of other producers with parameters that are closest to the robot RV-2AJ, and made their comparisons. Furthermore there is described a programming environment COSIROP and basic tasks are explained in this environment and on the control panel. On the basis of the current layout was made a proposal of educational robotized workplace for a pair of robots RV-2AJ and enclosed a preview created in software Pro/Engineer. Finally there are designed and realized model tasks which are processed in the enclosure of the master thesis.

Chtěl bych vyjádřit poděkování vedoucímu mé diplomové práce Ing. Jánu Babjakovi za cenné rady a připomínky, které mi poskytl v průběhu psaní této diplomové práce.

Obsah

ÚVOD	1
1 ROBOTY A MANIPULÁTORY	2
1.1 ROZDĚLENÍ PODLE KRITÉRIÍ.....	2
1.2 KINEMATICKÉ STRUKTURY PRŮMYSLVÝCH ROBOTŮ.....	4
2 SKUPINA ROBOTŮ MITSUBISHI MELFA.....	8
2.1 MITSUBISHI MELFA RV-2AJ	9
2.1.1 Technické parametry	10
2.2 POPIS OVLÁDACÍHO PANELU	12
2.3 POPIS ŘÍDICÍ JEDNOTKY.....	15
2.4 ROBOTY S PODOBNÝMI PARAMETRY	17
2.4.1 ABB IRB 120.....	17
2.4.2 Motoman HP3XF.....	18
2.4.3 Kuka KR5 sixx R850	20
2.4.4 Fanuc M-10iA.....	21
2.4.5 Srovnání parametrů	22
3 PROGRAMOVACÍ PROSTŘEDÍ COSIROP.....	23
3.1 VYTVOŘENÍ NOVÉHO PROJEKTU.....	23
3.2 POPIS PROSTŘEDÍ.....	25
3.2.1 Základní menu	25
3.2.2 Panel nástrojů.....	26
3.2.3 Simulace pracovního prostředí	32
3.2.4 Okno se zápisem programu	32
3.2.5 RCI Explorer.....	33
3.2.6 Okno s nadefinovanými body	34
3.2.7 Okno se zprávami.....	35
3.3 NAVÁZÁNÍ SPOJENÍ	35
3.4 TVORBA PROGRAMU.....	38
3.4.1 Pomocí ovládacího panelu.....	39
3.4.2 V prostředí COSIROP	42
3.5 ZKOPÍROVÁNÍ PROGRAMU A SEZNAMU POZIC DO ŘÍDICÍ JEDNOTKY	43
3.6 SPUŠTĚNÍ PROGRAMU	44
3.6.1 Pomocí řídicí jednotky	44
3.6.2 Softwarem COSIROP	45
4 NÁVRH VÝUKOVÉHO RTP	46
5 VZOROVÉ ÚLOHY	48
5.1 OPSÁNÍ PRACOVNÍHO PROSTORU.....	48
5.2 SESTAVENÍ NÁPISU Z KOSTEK	49
5.3 PALETIZACE KOSTEK	50

6 ZÁVĚR	51
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	52
SEZNAM OBRÁZKŮ	54
SEZNAM TABULEK	55
SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ	56
SEZNAM PŘÍLOH	56

Požadavkový list

V diplomové práci zpracujte:

- Porovnání parametrů s roboty jiných výrobců
- Popis robotu Mitsubishi RV-2AJ včetně popisu ovládacího panelu, řídicí jednotky a programu COSIROP
- Návrh výukového RTP s PR Mitsubishi RV-2AJ tak, aby jej bylo možné případně realizovat
- Návrh a realizace demonstračních úloh pro zmíněný robot
- Dokumentaci k demonstračním úlohám

Úvod

Odjakživa je snaha člověka co nejvíce si usnadnit práci, zlepšit si životní podmínky a uspokojit životní potřeby. Aby toho mohl dosáhnout, musel se nějakým způsobem pokusit o rozvoj výroby. Od ručních nástrojů přecházel k výrobním strojům. Dalšího výrazného pokroku dosáhl zavedením mechanizace, následovala automatizace a v jejím rámci robotizace.

Postupem doby se na trhu objevila široká nabídka typů robotů od různých výrobců. Tyto roboty se liší v mnoha parametrech, jako je nosnost, dosah ramen apod. Po výběru robotu k určité činnosti je potřeba tento dále naprogramovat. Zde je snaha tuto činnost co nejvíce zjednodušit, ať už skrze PC, nebo přímo ovládacím panelem.

Cílem této práce je vytvořit manuál pro ovládání a programování konkrétního typu robotu, Mitsubishi Melfa RV-2AJ. Uvedu postup pomocí ovládacího panelu a softwaru COSIROP. V příloze k mé diplomové práci bude několik vzorových úloh, které budou moci sloužit jako zadání samostatných prací v průběhu semestru.

Jako první popisuji rozdělení robotů a manipulátorů podle několika kritérií. Jedním z hlavních je třídění podle kinematických struktur. V dalším bodu se budu zabývat podrobnějším popisem robotu Mitsubishi Melfa RV-2AJ, včetně uvedení technické specifikace. Pokračovat budu srovnáním parametrů s roboty dalších výrobců. Následně uvedu základy práce se softwarem COSIROP. Další kapitola bude věnována samotnému návrhu RTP na Centru robotiky. Poslední část své práce zaměřím na vzorové úlohy pro výše uvedený robot.

1 Roboty a manipulátory

Základní pojmy

Průmyslový robot – je automaticky řízený, reprogramovatelný, víceúčelový manipulační stroj, stacionární nebo umístěný na pojezdu, určený k použití v průmyslové automatizaci.

Manipulátor – zařízení s méně než třemi pohybovými osami, případně více než třemi osami, které ale nejsou přeprogramovatelné.

V knize [1] autor uvádí toto rozdělení:

1.1 Rozdělení podle kritérií

Manipulační zařízení typu robotů mohou být klasifikována podle různých kritérií – počtu stupňů volnosti, kinematické struktury, použitých pohonů, geometrie pracovního prostoru, pohybových charakteristik, způsobu řízení, způsobu programování, aj.

Počet stupňů volnosti robotu

- *Univerzální robot* – se 6 stupni volnosti, jednoznačně vymezující v kartézském souřadném systému polohu a orientaci objektu manipulace
- *Redundantní robot* – s více než 6 stupni volnosti, využívající větší volnosti k obcházení překážek, nebo k pohybu ve stísněném prostoru
- *Deficitní robot* – s méně než 6 stupni volnosti (některé Scara roboty, se 3-4 stupni volnosti, provádějící montáž prvků v rovině)

Podle kinematické struktury

- *Sériové roboty* – s otevřeným kinematickým řetězcem manipulátoru
- *Paralelní roboty* - s uzavřeným kinematickým řetězcem manipulátoru
- *Hybridní roboty* – kombinující oba typy řetězců

Podle druhu pohonů

S pohony

- *Elektrickými*
- *Hydraulickými*
- *Pneumatickými*

V současnosti početně jednoznačně převažují konstrukce PRaM s elektrickými pohony. Pokud jsou požadovány vysoké nosnosti používají se hydraulické pohony a pro vysoké rychlosti pneumatické pohony.

Podle vykonávaných činností a oblastí nasazení

- *Průmyslové roboty* – užívané při činnostech spojených s výrobou různých produktů
- *Servisní roboty* – užívané při obslužných činnostech, buď humánních (zdravotnictví, domácí práce, aj.) nebo v průmyslu, či službách (stavebnictví, hlídání objektů, údržba)

Podle geometrie pracovního prostoru

Roboty

- *Kartézské*
- *Cylindrické*
- *Sférické*
- *Angulární*
- *Scara*

Podle kompaktnosti konstrukce a funkční autonomnosti pohybových jednotek robotů

- *Univerzální*
- *Modulární (modulové)*

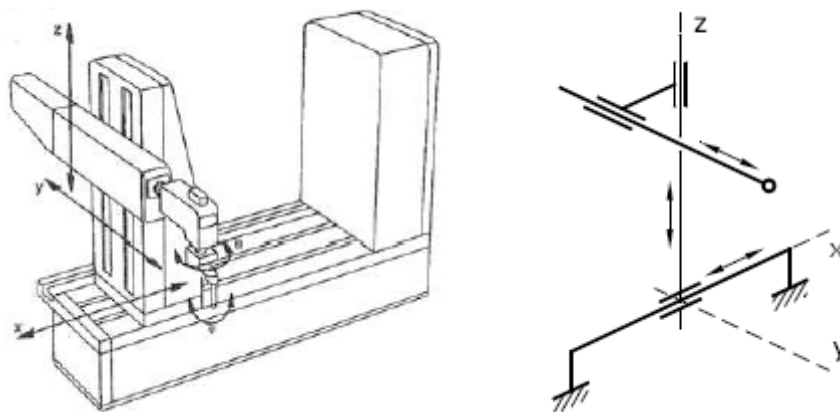
1.2 Kinematické struktury průmyslových robotů

Tvorba a velikost pracovního prostoru jsou určeny strukturou a kin. rozměry ramene a manipulátoru. U jednoduchých typů jsou obvyklé 3 stupně volnosti, u složitějších typů 6 i více. Konstrukční celek se skládá z:

- nepohyblivého podstavce coby vztažného systému pracovního prostoru
- pohyblivé pojezděcí, posuvné a rotační jednotky

- **Kartézský kinematický systém**

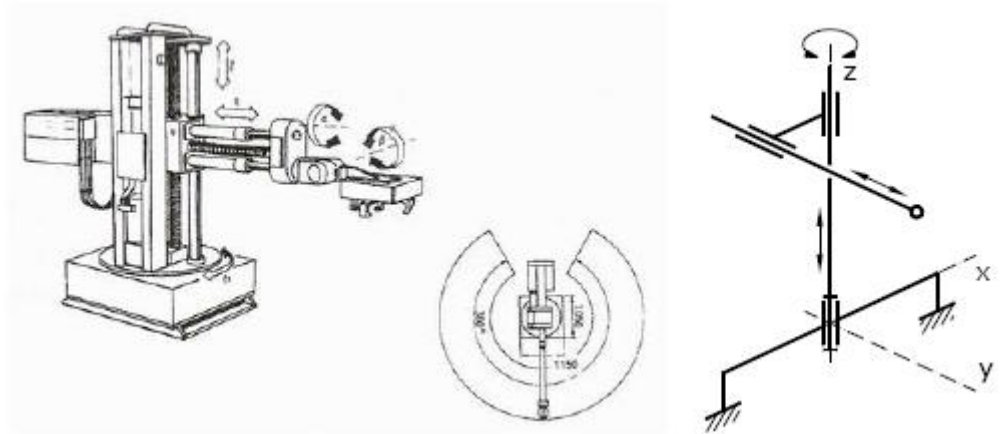
- hlavní osy: typ TTT, 3 posuvové osy, pracovní prostor: hranol
- výhody: velmi stabilní, používají se pro největší zátěže, přesné, jednoduché řízení
- nevýhody: nejsou tak pohyblivé a univerzální, jako jiné konfigurace
- použití: obsluha strojů, montáž velkých celků, svařování, paletizace
- výskyt: 20 % všech robotů



Obr. 1.2-1 Struktura TTT

- **Cylindrický kinematický systém**

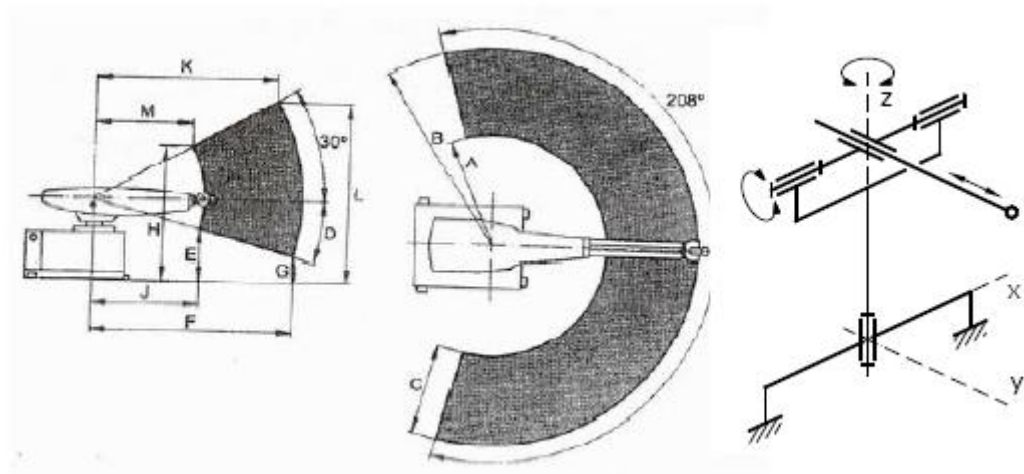
- hlavní osy: typ RTT, pracovní prostor segment dutého cylindru
- výhody: přesné, rychlé
- použití: převážně obsluha strojů
- výskyt: 30 % všech robotů



Obr. 1.2-2 Struktura RTT

- **Sférický systém**

- hlavní osy: typ RRT, pracovní prostor: tvar segmentu duté koule
- nevýhody: nákladné řízení
- výskyt: 10 % všech robotů



Obr. 1.2-3 Struktura RRT

- **Modifikace sférického systému**

- hlavní osy: typ RRR, pracovní prostor: sférický
- výhody: velký rozsah rotace dolního ramene



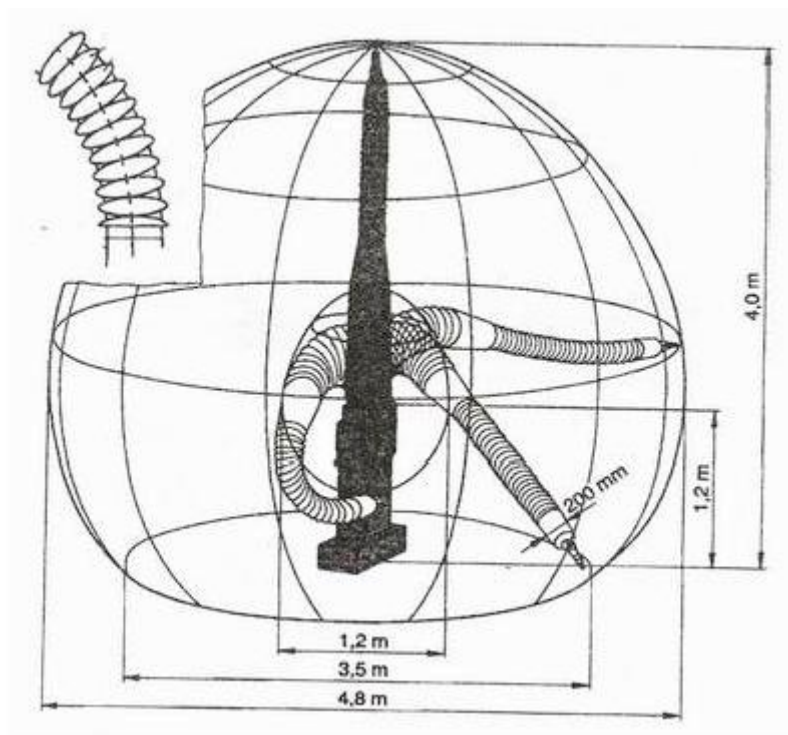
(Selective Compliance Assembly Robot Arm – volitelně poddajné montážní rameno robotu)

- hlavní osy: typ RRT, kloubové rameno
- výhody: rychlost a opakovatelnost, přesnost nejlepší ze všech (pod 0,03mm)
- použití: montážní práce v automobilovém a elektronickém průmyslu
- výskyt: zatím do 5 %



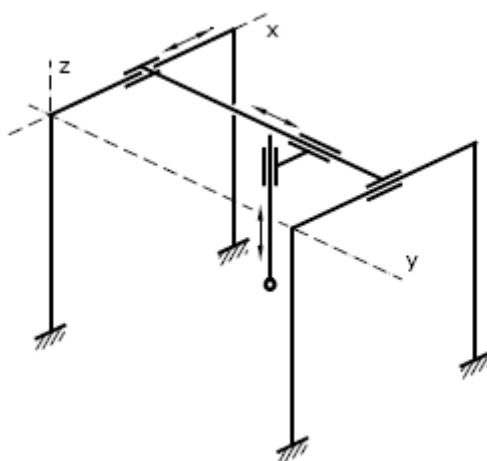
- **Flexibilní systém**

- použití tam, kde nestačí 6 stupňů volnosti



Obr. 1.2-6 Flexibilní struktura

Kromě jmenovaných konfigurací existuje celá řada mobilních robotů a robotů portálových.



Obr. 1.2-7 Struktura TTT (portálový manipulátor)

2 Skupina robotů Mitsubishi Melfa

Modelová řada robotů MELFA (Obr. 2-1) zahrnuje celou řadu robotů různých typů, modelů a verzí. Řady sférických robotů RV-A a RV-S obsahují veškeré modely od kompaktních robotů s vysokým výkonem a užitným zatížením 1kg až po výjimečně výkonné modely, které je možné využít až pro 12kg zatížení. Pro velmi přesné polohovací úlohy nabízí společnost Mitsubishi modelové řady RP-AH a RP-SH robotů SCARA, které jsou charakteristické dobou cyklu pod 1s a přesností až 5 μm .

Roboty MELFA jsou od základu navrženy a zkonstruovány tak, aby splnily téměř jakékoliv průmyslové požadavky. Poskytují vysokou flexibilitu, která je nezbytná pro rychlou a efektivní změnu výrobních zařízení. [2]

Roboty MELFA obsahují modely s následujícími charakteristikami:

- Sférická nebo SCARA konstrukce robotu
- až 6 stupňů volnosti
- Užitečné zatížení od 1kg do 12kg
- Pracovní dosah od 150mm do 1385mm



Obr. 2-1 Skupina robotů Mitsubishi Melfa

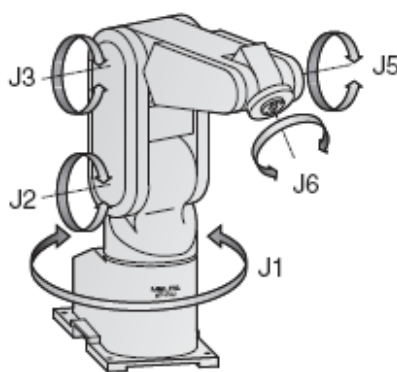
2.1 Mitsubishi Melfa RV-2AJ

Následující text vychází z poznatků uvedených v [3].

Robot Mitsubishi, konkrétně typ RV-2AJ, disponuje nosností do 2kg. Dokáže umisťovat komponenty a provádět manipulační operace i ve stísněných prostorech, a to díky jeho štíhlé konstrukci. Nabízí se i možnost integrovat robot do výrobní linky, kde může být umístěn v malé uzavřené kabině. Další rozšíření robotizovaného systému spočívá v umístění na lineární pojezdy, případně uchycení robotu na stěnu nebo na strop.

Dosah robotu RV-2AJ s chapadlem orientovaným směrem dolů činí 410mm, maximální rychlost 2100mm/s a přesnost $\pm 0,02\text{mm}$. Výrobce vybavil robot střídavými servomotory, které mají integrované číslíkové snímače absolutní polohy. Tyto umožňují robot vypnout v případě potřeby. Po opětovném zapnutí robot pokračuje v činnosti z aktuální pozice. To znamená, že odpadají složité přejezdy do referenční polohy.

Řídicí jednotka dodávaná k robotu nabízí větší výkon pro ovládání jednoho procesu, než je nutné. Především díky osazení 64bitovou procesorovou jednotkou, a tudíž v režimu víceúlohového provozu zvládne obsluhovat až 32 paralelních úloh.



Obr. 2.1-1 Znázornění pohybových os

2.1.1 Technické parametry

Tab. 2.1.1-1 Parametry robotu Mitsubishi Melfa RV-2AJ

Zdroj: vlastní zpracování [4]

Model			RV-2AJ
Počet stupňů volnosti			5
Poloha pro instalaci			Na vodorovný podklad, závěsná (stěna, strop)
Konstrukce			Vertikální, kloubový typ
Druh pohonu			Střídavé servo motory (bez kartáčů)
Typy motorů			Klouby J1 až J3 : 50W s brzdou, klouby J4, J6 : 15W bez brzd, kloub J5 : 15W s brzdou
Způsob detekce polohy			Absolutní enkodéry
Počet digitálních vstupů/výstupů			16/16 (max. 240/240)
Způsoby řízení			Otáčení kloubů/lineární/kruhová interpolace, víceúlohové řízení (max. 32 úloh), adaptivní řízení, paletizační funkce, podmíněné provádění větvení a podprogramů
Programovací jazyk			MELFA BASIC IV, Movemaster Command
Maximální počet pozičních bodů			2500 pozic / program
Maximální počet řádků programu			5000
Maximální počet programů			88
Rozměr řídicí jednotky (š x v x h)			212mm x 165mm x 290mm
Délky jednotlivých částí ramene	Otáčení ramena	mm	0
	Horní rameno		250
	Předloktí		160
	Otáčení lokte		0
	Délka zápěstí		72
Rozsah pohybů jednotlivých kloubů	J1	stupně	300 (od -150 do +150)
	J2		180 (od -60 do +120)
	J3		230 (od -110 do +120)
	J4		-
	J5		180 (od -90 do +90)
	J6		400 (od -200 do +200)
Rychlost pohybů jednotlivých kloubů	J1	stupně/s	180
	J2		90
	J3		132
	J4		-
	J5		180
	J6		210
Maximální výsledná rychlost		mm/s	přibližně 2100
Nosnost	Maximální	kg	2
	Jmenovitá		1,5

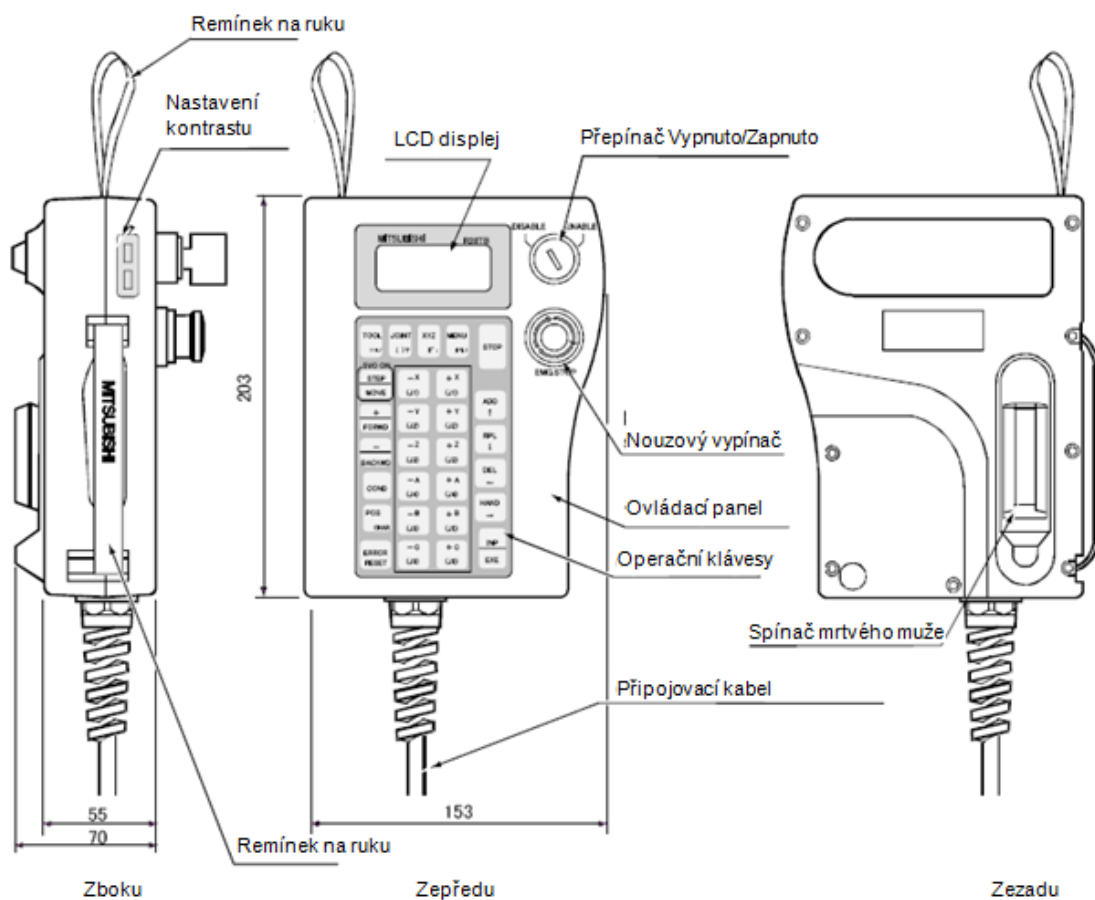
2.2 Popis Ovládacího panelu

K ručnímu ovládání průmyslových robotů slouží tzv. Teaching pendant (Ovládací panel). U Mitsubishi Melfa RV-2AJ jde konkrétně o typ R28TB.

Tab. 2.2-1 Technické parametry:

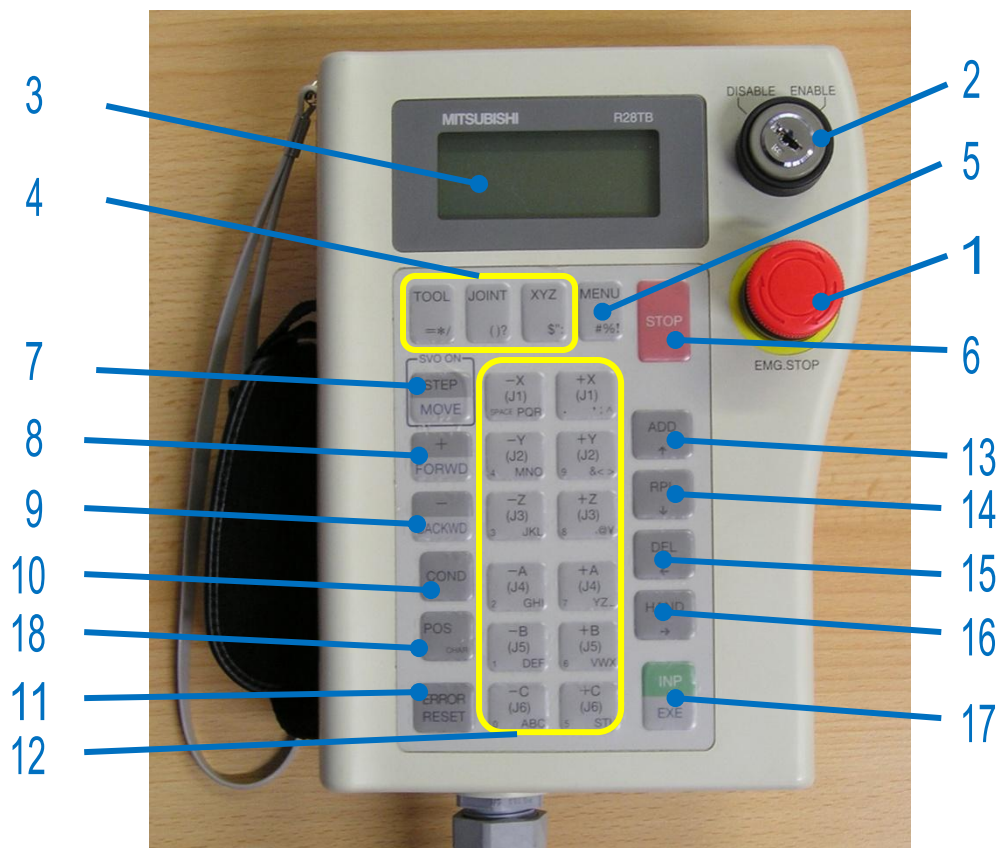
Zdroj: vlastní zpracování [5]

Barva	světle šedá
Hmotnost	přibližně 0,5kg
Rozhraní	RS-422
Displej	LCD s podsvícením, 16 znaků × 4 řádky
Počet kláves	28
Stupeň ochrany	IP 65



Obr. 2.2-1 Rozměry a základní popis

K vytvoření následujícího popisu, včetně řídicí jednotky, jsem vycházel z [5].



Obr. 2.2-2 Rozložení kláves a hlavních funkcí

- 1 – Nouzový vypínač
- 2 – Otočením klíče do polohy ENABLE/DISABLE dojde k ZAPNUTÍ/VYPNUTÍ ovládacího panelu
- 3 – LCD displej
- 4 – TOOL/JOINT/XYZ: Výběr způsobu ovládání robotu
- 5 – MENU: Zobrazení hlavní nabídky
- 6 – STOP: Dojde k zastavení robotu
- 7 – STEP/MOVE: Při současném stisku této klávesy a „Deadman switch“ je možno při zmáčknutí kláves z „12“ pohybovat s robotem
- 8 – +/FORWD: V kombinaci se stiskem klávesy „STEP/MOVE“ dojde ke zrychlení pohybů / při editaci zobrazí následující krok programu
- 9 – -/BACKWD: V kombinaci se stiskem klávesy „STEP/MOVE“ dojde ke zpomalení pohybů / při editaci zobrazí předchozí krok programu
- 10 – COND: Výběr programu

- 11 – ERROR RESET: Dojde k vynulování chyb
- 12 – Tlačítka sloužící pro zadávání číslic a písmen v režimu psaní. Při pohybování s robotem dojde při stisku těchto kláves k natočení příslušné části robotu zvoleným směrem.
- 13 – ADD/↑: Umožňuje dodatečně uložit data o poloze robotu / posun kurzoru o řádek výš
- 14 – RPL/↓: Umožňuje opravit data o poloze robotu / posun kurzoru o řádek níže
- 15 – DEL/←: Maže určená data / posun kurzoru doleva
- 16 – HAND/→: Při stisku této klávesy v kombinaci s klávesami „-C/+C“ z oddílu „12“ dojde k otevření/zavření čelistí robotu / posun kurzoru doprava
- 17 – INP/EXE: Klávesa pro vložení programu / provádí krokování
- 18 – POS/CHAR: přepíná mezi psaním znaků a čísel



Obr. 2.2-3 Zadní strana

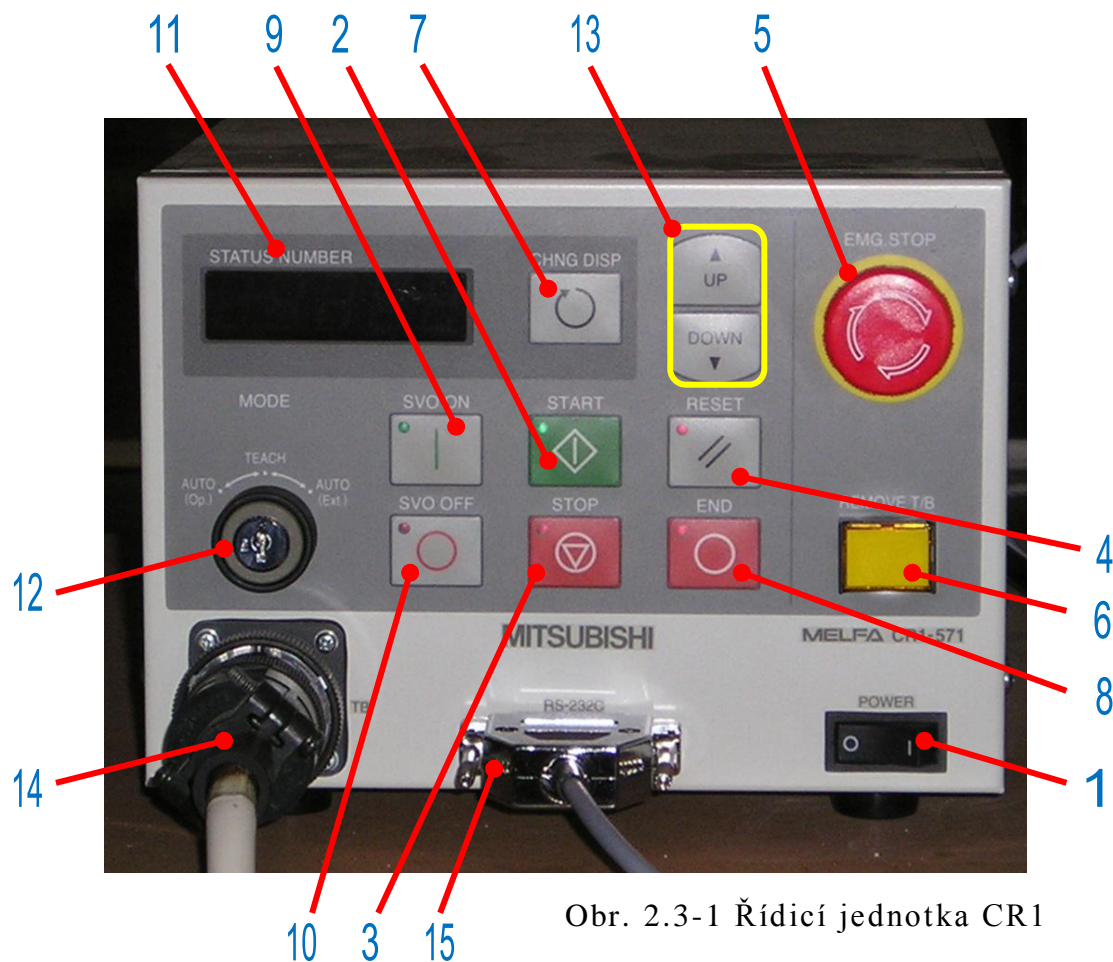
19 – Deadman switch (spínač mrtvého muže) má 3 polohy:

Nezmáčknuťo – robot stojí

Zmáčknuťo lehce – je možná práce s robotem

Zmáčknuťo silou – robot stojí

2.3 Popis Řídicí jednotky



Obr. 2.3-1 Řídicí jednotka CR1

1 – Hlavní vypínač

2 – START: Tlačítko sloužící ke spuštění robotu

3 – STOP: Tímto tlačítkem se robot okamžitě zastaví, ale nedojde k vypnutí servopohonu.

4 – RESET: Stisknutím dojde k vynulování chyby

5 – EMG. STOP: Zastavení robotu v nouzovém stavu, vypne se i servopohon. Pro zrušení tohoto stavu je třeba tlačítkem pootočit ve směru hodinových ručiček.

- 6 – REMOVE T/B: Tento spínač se používá pro připojení/odpojení ovládacího panelu bez vypnutí řídicí jednotky
- 7 – CHNG. DISP: Stiskem se přepíná mezi informacemi zobrazenými na displeji v pořadí „Číslo programu“ – „Číslo linky“ – „Potlačení“.
V případě, že dojde k chybě „Číslo programu“ – „Číslo linky“ – „Potlačení“ se zobrazí pouze, je-li klávesa stisknuta. Po uvolnění se zobrazí číslo chyby.
- 8 – END: Tímto tlačítkem se zastavuje prováděný program na posledním řádku nebo u příkazu END
- 9 – SVO ON: Dojde k zapnutí napájení servopohonů, indikováno zelenou LED diodou.
- 10 – SVO OFF: Dojde k vypnutí napájení servopohonů, indikováno červenou LED diodou.
- 11 – STATUS NUMBER: Zde se zobrazuje číslo chyby, číslo programu, hodnota potlačení (%), atd. Pokud se používají abecední znaky, zobrazí se zjednodušeně název programu.
- 12 – MODE: Pomocí tohoto přepínače se mění práva na ovládání robotu:
AUTO(Op): Platné jsou pouze operace z řídicí jednotky
TEACH: Robot poslouchá příkazy z ovládacího panelu
AUTO(Ext.): Jsou platné příkazy zadávané z externího zařízení (PC)
- 13 – UP, DOWN: Pomocí těchto tlačítek se posunují informace zobrazené na displeji (platí pro čísla programů, potlačení a čísla chyb)
- 14 – Kabel pro připojení ovládacího panelu
- 15 – Kabel pro připojení PC

2.4 Roboty s podobnými parametry

Pro porovnání jsem vybral roboty různých výrobců. Konkrétně tedy ABB, Motoman, Kuka a Fanuc. Roboty jsem vybíral na základě těchto parametrů:

- počet os,
- nosnost,
- hmotnost,
- dosah,
- přesnost polohování,
- stupeň ochrany,
- možnost instalace.

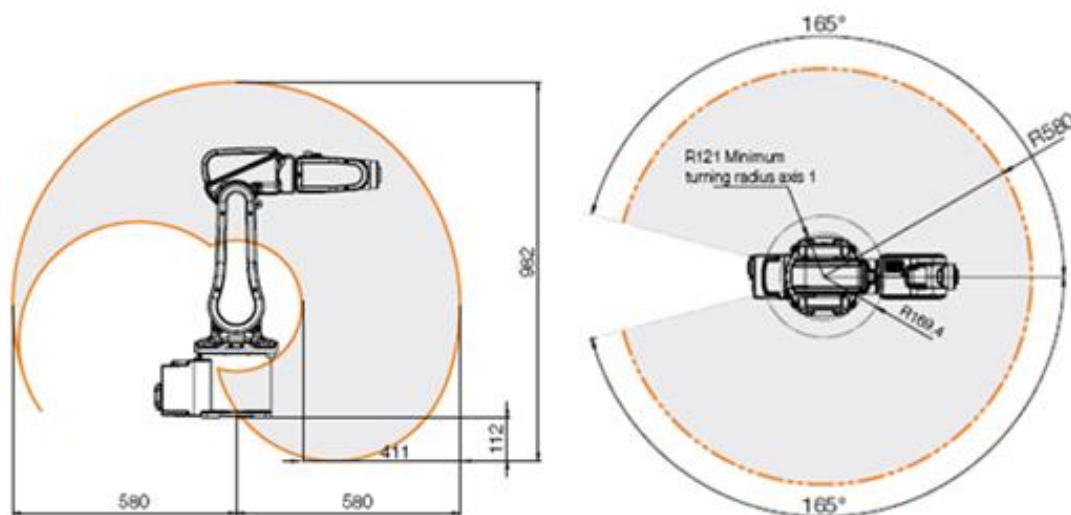
Na konci kapitoly jsem tyto vlastnosti srovnal do přehledné tabulky (Tab. 2.4.5-1).

2.4.1 ABB IRB 120

Nejmenší multifunkční průmyslový robot ABB s hmotností jen 25 kg, nosností 3 kg (4 kg se svislým zápěstím) a dosahem 580 mm. Extrémně rychlý a přesný. Tento robot je cenově dostupným a spolehlivým řešením pro výkonnou produkci při nízké pořizovací investici. [6]



Obr. 2.4.1-1 ABB IRB 120



Obr. 2.4.1-2 Pracovní prostor robotu ABB

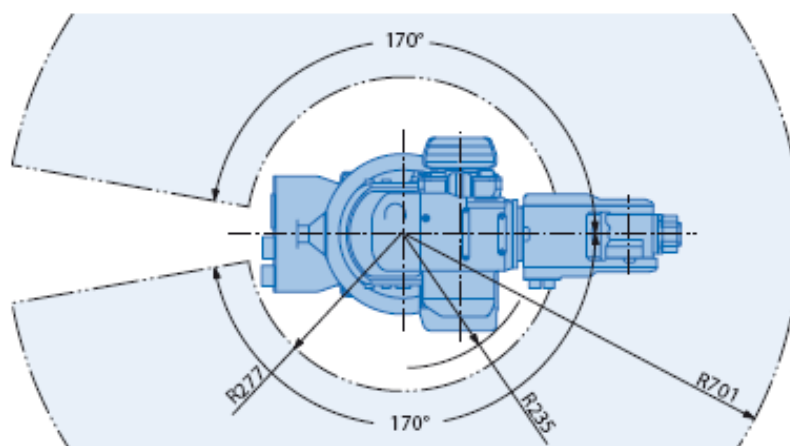
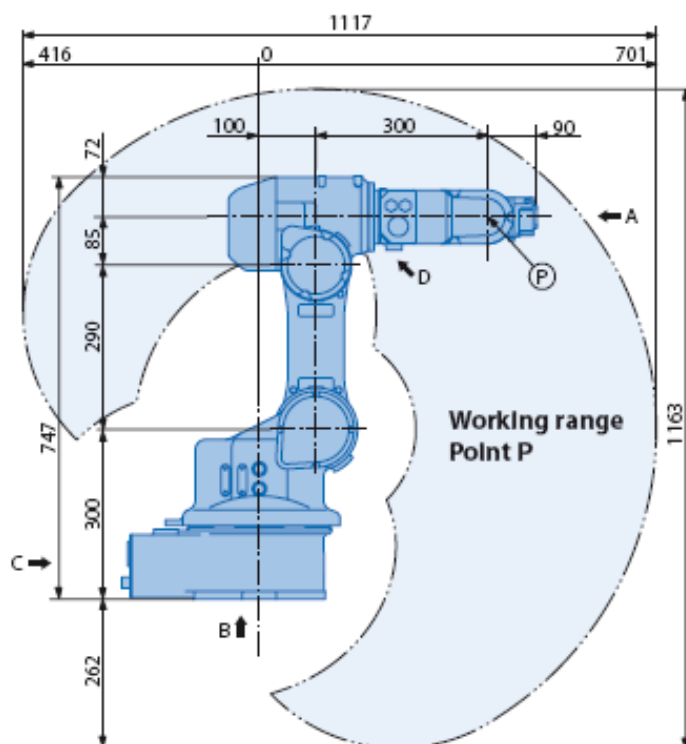
2.4.2 Motoman HP3XF

Model HP3XF je kompaktní vysokorychlostní šestiosý robot, který nabízí výjimečný výkon pro celou řadu aplikací, jako je manipulace s materiálem, dávkování a balení, které vyžadují univerzálnost.

Vyznačuje se dosahem do vzdálenosti 701 mm a nabízí nejrozsáhlejší pracovní buňku ve své třídě. Model HP3XF lze ovládat pomocí kompaktního řídicího systému NXC100, který usnadňuje integraci robotu i řídicího systému v uzavřeném prostoru s minimem prostoru na instalaci. [7]



Obr. 2.4.2-1 Motoman HP3XF



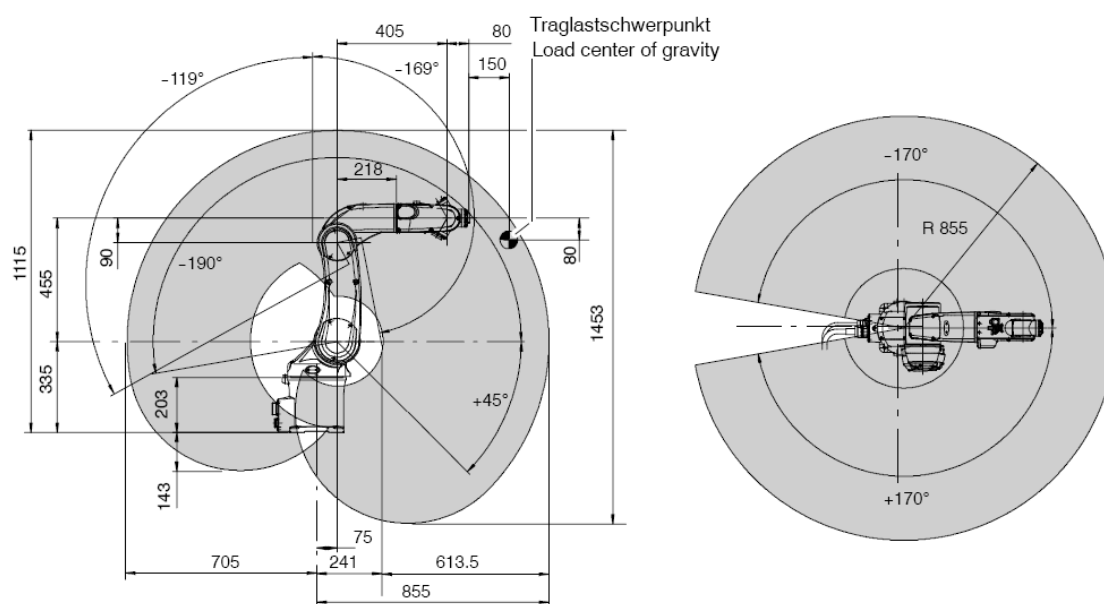
Obr. 2.4.2-2 Pracovní prostor robotu Motoman

2.4.3 Kuka KR5 sixx R850

S dosahem 850 mm, tento kompaktní, prostorově úsporný, 6osý robot kombinuje vysokou rychlost a přesnost s dlouhým dosahem. [8]



Obr. 2.4.3-1 Kuka KR5 sixx R850



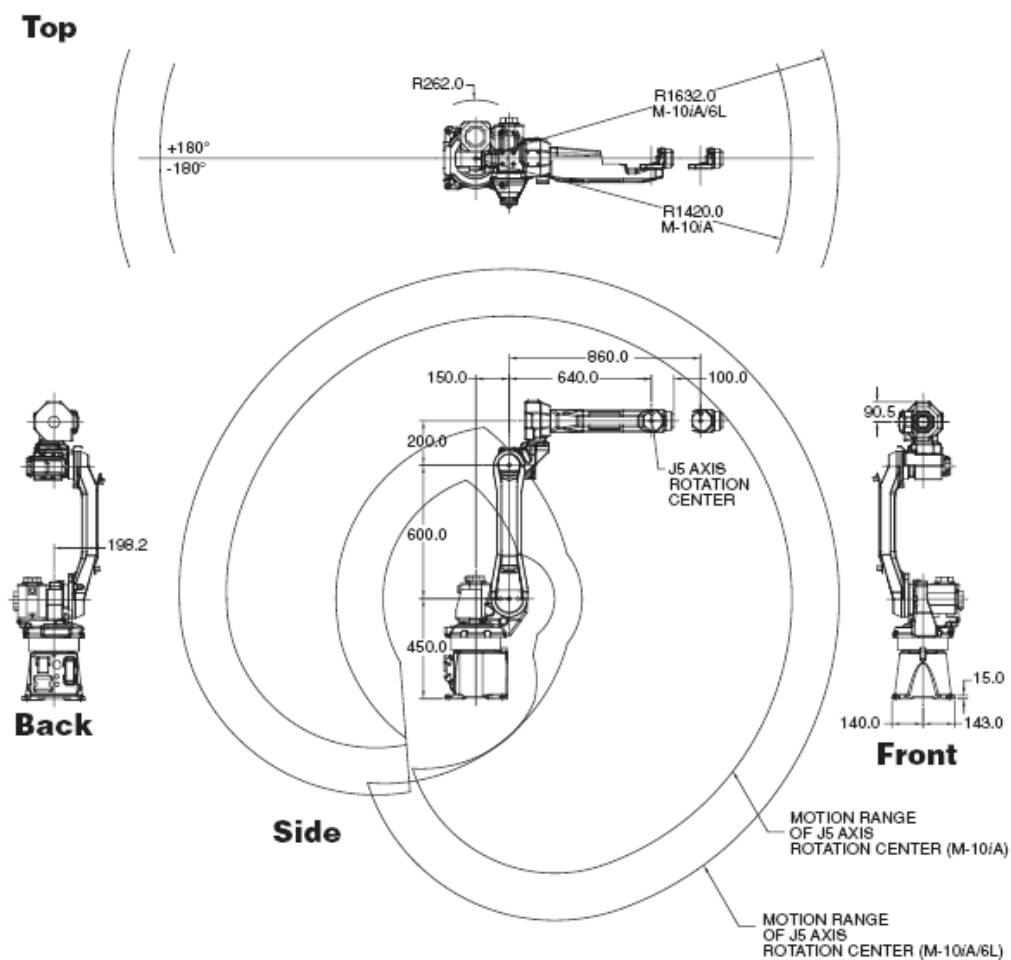
Obr. 2.4.3-2 Pracovní prostor robotu Kuka

2.4.4 Fanuc M-10iA

Řada Robotů M-10iA nabízí vysokou flexibilitu pro aplikace, které vyžadují nosnost až do 10 kg. Díky své vysoké rychlosti jsou ideální pro operace v oblasti manipulace, pick & place (přemisťování) a obsluhy strojů. [9]








Obr. 2.4.4-1 Fanuc M-10iA



Obr. 2.4.4-2 Pracovní prostor robotu Fanuc

2.4.5 Srovnání parametrů

Tab. 2.4.5-1 Porovnání parametrů PR

		Mitsubishi RV-2AJ	ABB IRB 120	Motoman HP3XF	KUKA KR5 sixx R850	Fanuc M10iA
						
Počet os		5	6	6	6	6
Nosnost [kg]		2	3	3	5	10
Hmotnost [kg]		17	25	47	29	130
Dosah [mm]		410	580	701	850	1420
Přesnost polohování [mm]		± 0,02	± 0,01	± 0,03	± 0,03	± 0,08
Stupeň ochrany		IP 30	IP 30	IP 67	IP 40	IP 54
Možnost instalace	Podlaha	✓	✓	✓	✓	✓
	Strop	✓	✓	✓	✓	✓

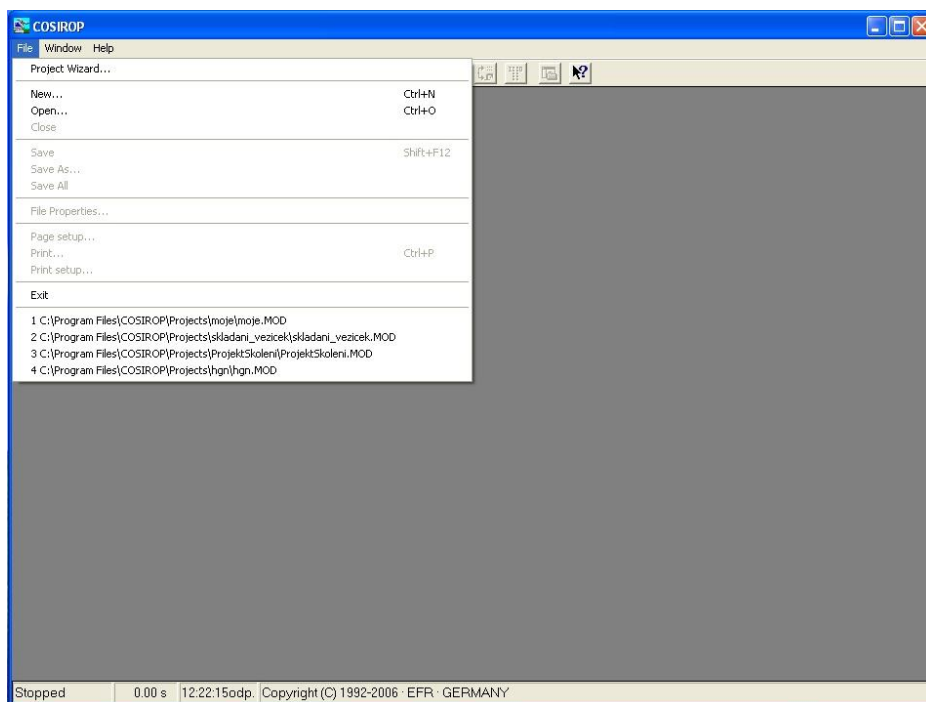
3 Programovací prostředí COSIROP

Software COSIROP umožňuje vytvořit programy pro roboty během několika minut pomocí robotických programovacích jazyků MELFA BASIC IV nebo MOVEMASTER COMMAND. Po testování a optimalizaci vytvořeného programu je možné jej přenést do skutečného robotu přes síťové nebo sériové rozhraní mezi počítačem a robotem.

Text v této kapitole vychází z [10] a [11].

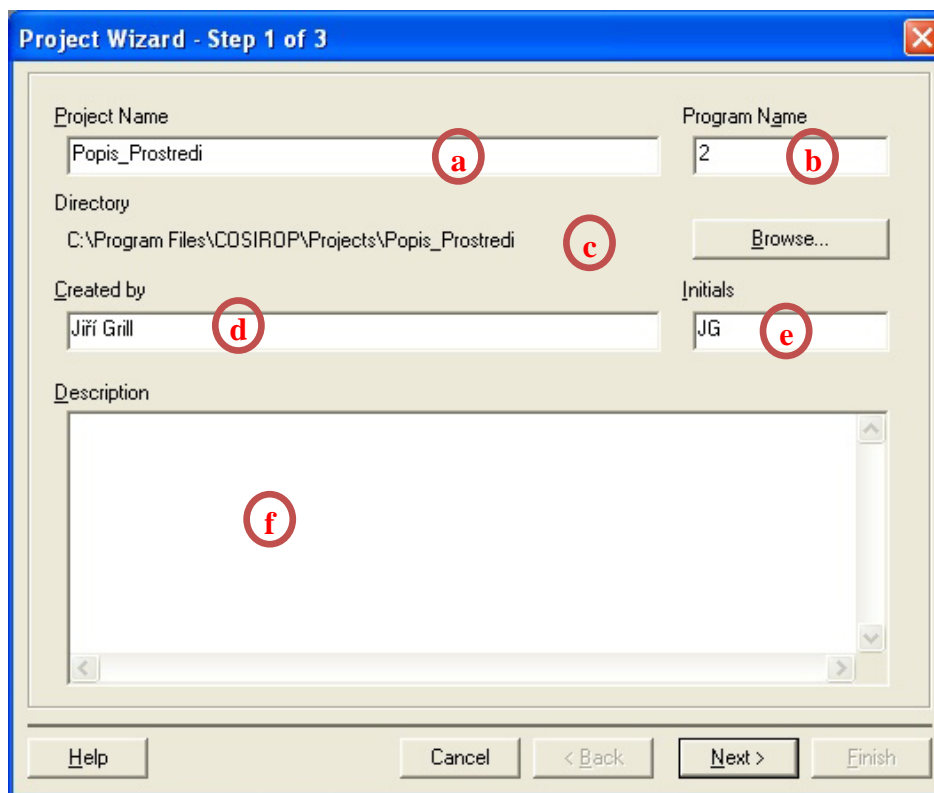
3.1 Vytvoření nového projektu

Po spuštění programu je třeba vybrat z nabídky „File“ položku „Project Wizard“.



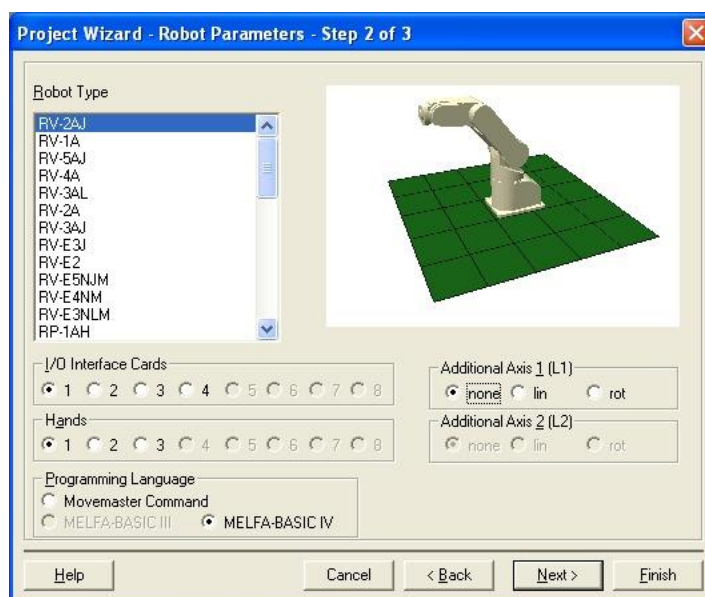
Obr. 3.1-1 Založení nového projektu

V dalším okně lze zadat jméno projektu (a), pozici, do které se program zapíše (b), cestu pro uložení programu (c), jméno autora (d) a jeho iniciály (e), popis programu (f) a klikneme na „Next >“.



Obr. 3.1-2 Postup tvorby projektu

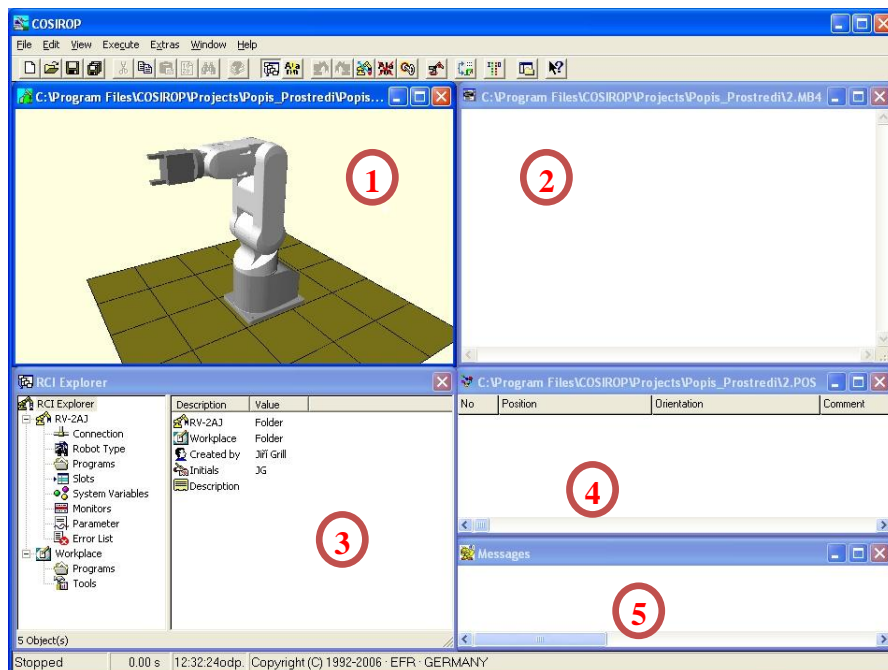
Následně vybereme typ robotu „RV-2AJ“ a stiskneme „Finish“. Po stisknutí tlačítka „Next>“ by se objevil sice ještě jeden krok tvorby projektu, ale slouží pouze k popisu změn programu, proto jej můžeme přeskočit.



Obr. 3.1-3 Výběr typu robotu

Objeví se prostředí programu COSIROP, které je rozděleno do 5 podoken.

- V 1. podokně je možné simulovat pracovní prostředí
- V 2. podokně se píše vlastní program
- Ve 3. podokně je umístěn RCI Explorer
- Ve 4. podokně se zobrazuje seznam pozic
- V 5. podokně se zobrazují různé zprávy (i chybové)

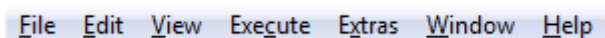


Obr. 3.1-4 Popis prostředí COSIROP

3.2 Popis prostředí

3.2.1 Základní menu

Klasické roletové menu známé z jakéhokoliv jiného programu. Jsou z něj přístupné stejné funkce jako z panelu nástrojů. Proto tyto funkce popíšu v další podkapitole.



Obr. 3.2.1-1 Menu programu

3.2.2 Panel nástrojů



Obr. 3.2.2-1 Panel nástrojů programu

1 – „New“

Spuštění nového okna. Je zde možnost spuštění okna pro seznam pozic, dále pak okno pro zápis programu Melfa Basic IV, Movemaster Command a Melfa Basic III.

2 – „Open“

Tímto příkazem lze otevřít vytvořené pracovní prostředí, program, nebo seznam pozic. Otevírání každé části probíhá zvlášť do samostatného okna, pak je možné se mezi nimi přepínat, čímž se zpřístupní / znepřístupní další ikonky na panelu nástrojů.

3 – „Save“

Dojde k uložení dat v právě aktivním okně. Ikona je aktivní, pokud se nacházíme v okně simulovaného prostředí, programu nebo seznamu pozic.

4 – „Save All“

Uloží data ve všech oknech najednou, bez ohledu na to, které okno je právě aktivní.

5 – „Cut“

Vyjme část označeného textu a uloží jej do schránky. Následně je třeba tento text vložit na nové místo, aby při dalším stisku tohoto příkazu nedošlo k jeho přepsání.

6 – „Copy“

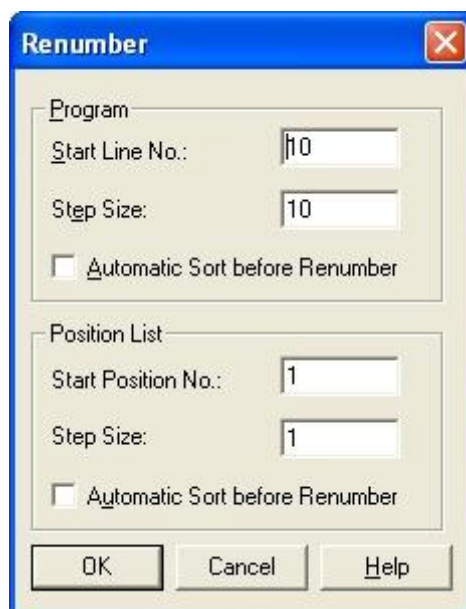
Podobný příkaz jako (5), s tím rozdílem, že nedojde k vyjmutí textu, ale jenom k jeho zkopírování do schránky

7 – „Paste“

Po stisknutí dojde ke vložení textu ze schránky na určené místo v aktivním okně.

8 – „Renumber“

Tímto příkazem dojde k přečíslování řádků nebo seznamu pozic. V zobrazeném dialogovém okně je potřeba zadat, od kterého řádku chceme číslovat a po jakém kroku.



Obr. 3.2.2-2 Okno přečíslování

9 – „Find“

Slouží pro vyhledání specifického slova nebo výrazu, je přístupné pouze pro okno s programem.

10 – „Syntax Check“

Příkaz, který zkontroluje zápis programu a výsledek vypíše do okna se zprávami ve tvaru:

X error (s), X warning (s)

11 – „RCI Explorer“

Po stisknutí dojde k zapnutí/vypnutí okna RCI Explorer.

12 – „Displays the current error message of the robot“

Dojde k zobrazení poslední chyby robotu.

13 – „Download“

Příkaz sloužící ke stažení programu, seznamu pozic z PC do řídicí jednotky robotu. Ikona je aktivní, pokud se nacházíme v okně programu nebo seznamu pozic.

14 – „Upload“

Stisknutím dojde k opačné reakci než u předešlého příkazu, a to ke stažení programu, seznamu pozic z řídicí jednotky robotu do PC. Opět je Ikona aktivní, pokud se nacházíme v okně programu nebo seznamu pozic.

15 – „Robot Position→PC“

Tento povel slouží ke zjištění aktuální polohy robotu a převedení této polohy do okna simulovaného prostředí.

16 – „Alarm Reset“

Dojde ke smazání aktuální chyby robotu.

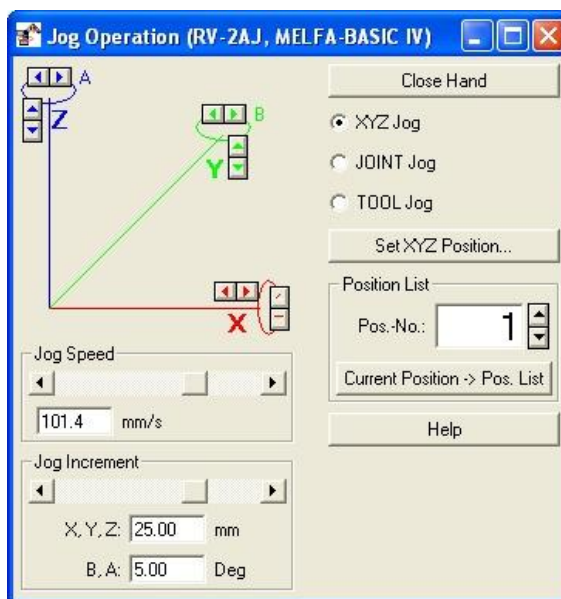
17 – „Init Connection“

Příkaz sloužící k navázání spojení mezi PC a řídicí jednotkou robotu. Pokud proběhne bez problémů, zobrazí se informační okno. Pokud ke spojení nedojde, je potřeba ověřit správnost nastavení.

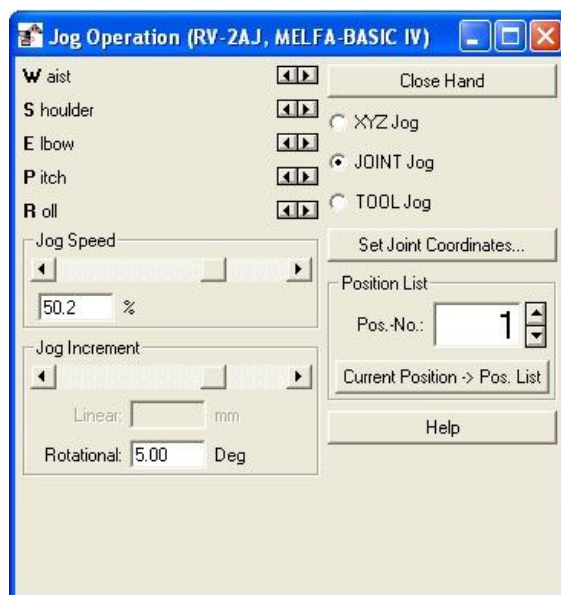
18 – „Jog Operation“

Aby bylo možné pohybovat robotem skrze PC, je třeba klíč v ovládacím panelu otočit na polohu „DISABLE“ a v řídicí jednotce nastavit polohu „AUTO (Ext.)“.

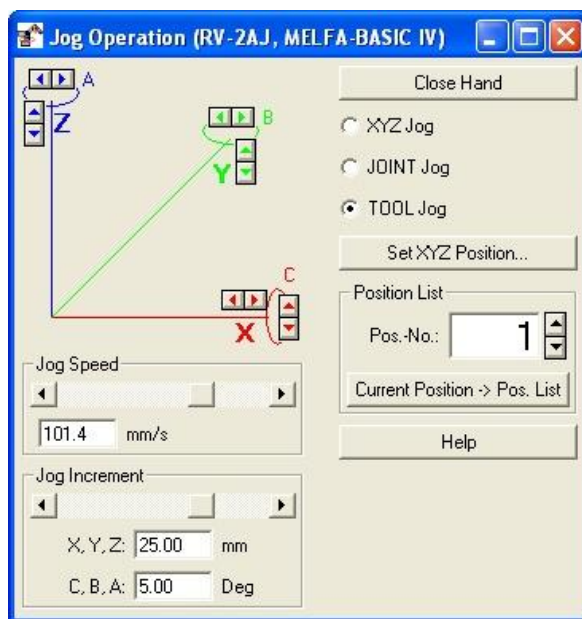
Po stisknutí dojde k zobrazení okna, sloužícího pro manuální pohyb robotu. S robotem lze pohybovat třemi způsoby:



Obr. 3.2.2-3 Pohyb jednotlivých ramen probíhá vzhledem k základnímu souřadnému systému



Obr. 3.2.2-4 Otáčením jednotlivých ramen v ose příslušného kloubu



Obr. 3.2.2-5 Pohyb ramen probíhá vzhledem k souřadnému systému nástroje

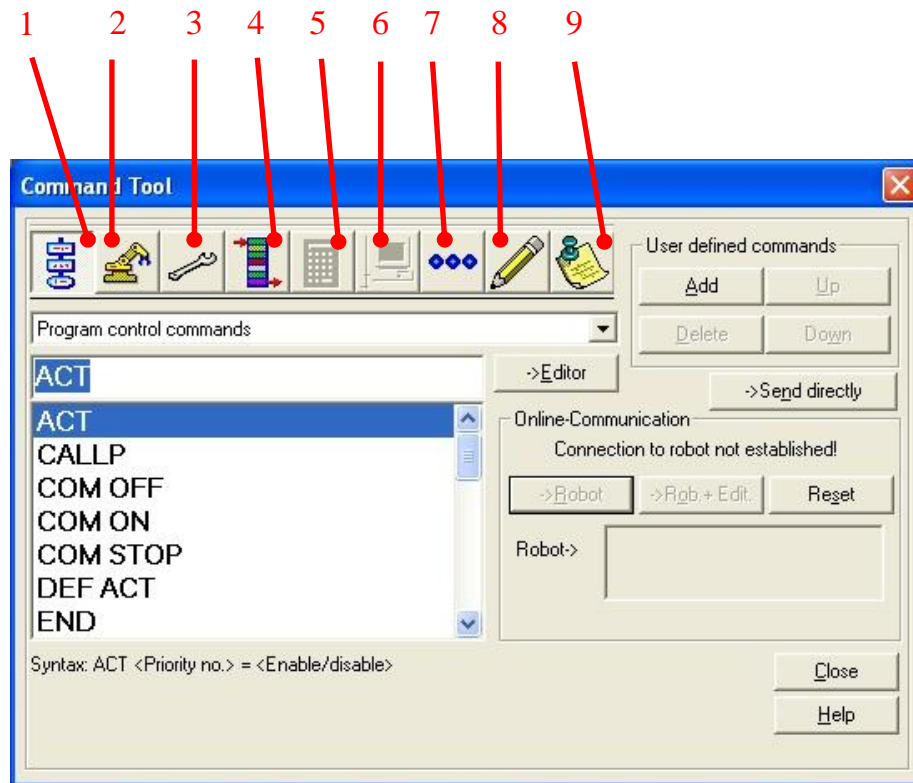
Jog speed – rychlost pohybů

Jog increment – přírůstek pohybů

Ve všech těchto oknech lze po nastavení robotu do požadované polohy stisknout tlačítko „Current Position → Pos. List“, což má za následek zkopírování současné polohy do seznamu pozic v programu COSIROP.

19 – „Command Tool“

Funkce sloužící k zobrazení okna, v kterém je seznam použitelných příkazů přehledně rozdělen do několika kategorií.



Obr. 3.2.2-6 Okno příkazů

- 1) Program control commands
- 2) Position and motion control commands
- 3) Hand control commands
- 4) I/O control commands
- 5) Operation, substitute, exchange commands
- 6) RS-232C communication commands
- 7) Other commands
- 8) User defined commands
- 9) Last commands

20 – „I/O Monitor“

Zobrazí okno s přehledem o použití vstupů a výstupů

21 – „Open Project Management“

Příkaz sloužící pro administrativu projektů.

22 – „Context Help“

Po stisknutí dojde k zobrazení místní nápovědy.

3.2.3 Simulace pracovního prostředí

V tomto okně je možné si nadefinovat prostředí, ve kterém bude robot pracovat. Jednotlivé prvky se dají vložit z různých knihoven. Výhodou je možnost simulace pohybu robotu ještě před uvedením do provozu, aby se zamezilo nežádoucím pohybům a kontaktu s možnými překážkami.

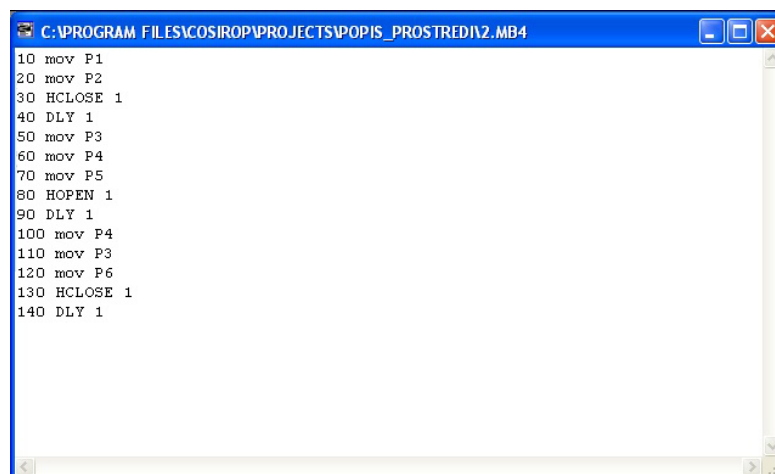


Obr. 3.2.3-1 Okno simulace pracovního prostředí

3.2.4 Okno se zápisem programu

Zde je možné psát vlastní program. Jednotlivé kroky jsou očíslovány a zapisovány pod sebe do řádků. Jediné omezení spočívá v maximálním počtu kroků, a to 5000. Aby program správně fungoval, musí být zakončen příkazem END.

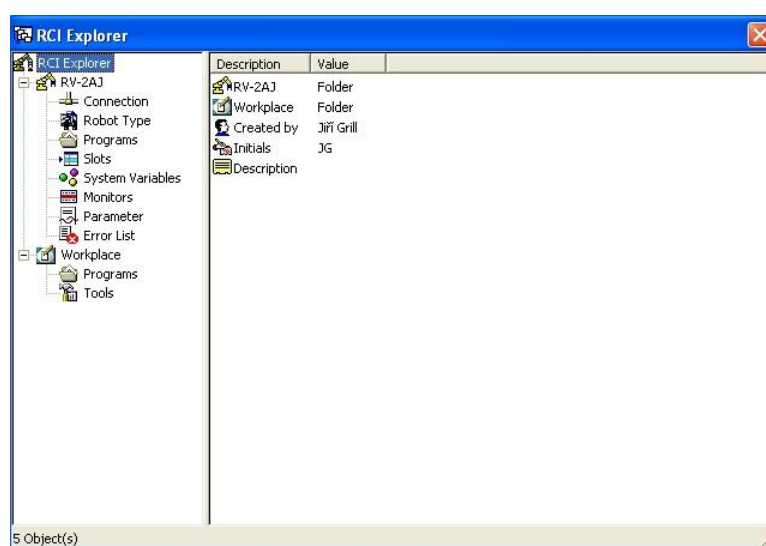
Seznam všech použitelných příkazů lze získat kliknutím na ikonu „Command Tool“ z panelu nástrojů, nebo z nabídky Help → Commands.



Obr. 3.2.4-1 Okno zápisu programu

3.2.5 RCI Explorer

RCI Explorer, svým vzhledem, připomíná průzkumníka z Windows. Je rozdělen na dvě poloviny. V levé jsou na výběr různé položky a v pravé se zobrazují jejich vlastnosti a parametry.



Obr. 3.2.5-1 RCI Explorer

Název první položky v levé části okna se shoduje s typem robotu vybraného při založení projektu. Po jejím rozbalení se dále dělí do osmi dalších položek:

Connection – nastavení pro navázání spojení mezi PC a řídicí jednotkou

Robot Type – zobrazí se informace k vybranému typu robotu

Programs – načtou se všechny programy z řídicí jednotky a zobrazí se v pravé části

Slots – dojde k zobrazení obsahu slotů

System Variables – položka se systémovými proměnnými

Monitors – v této položce se nachází nástroje pro sledování zatížení jednotlivých motorů, sledování rychlosti a kontrola vstupů a výstupů

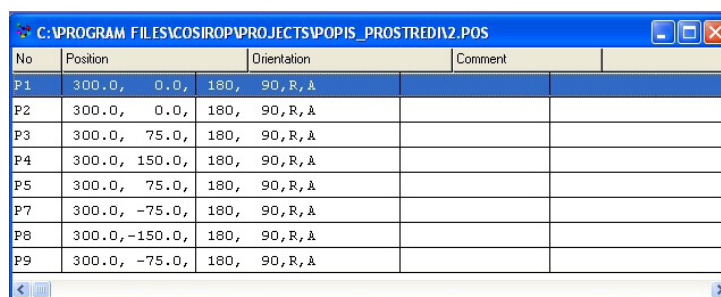
Parameter – složka s parametry robotu

Error List – seznam chyb a varování, ke kterým došlo v průběhu práce robotu

Druhá položka má název *Workplace* (pracoviště) a obsahuje seznam pozic k otevřenému programu a vlastní program. Dále obsahuje položku *Tools*, která obsahuje nástroje pro práci s robotem.

3.2.6 Okno s nadefinovanými body

Seznam pozic použitých v programu. Po poklepání na jednotlivé body se aktualizuje pozice robotu v okně simulovaného pracovního prostředí

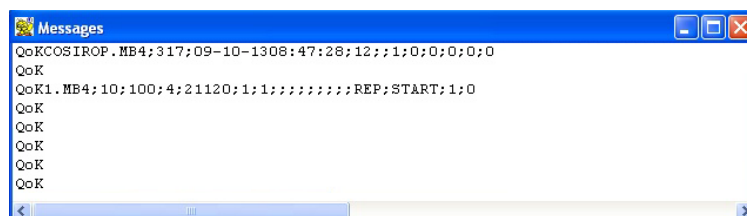


No	Position	Orientation	Comment
P1	300.0, 0.0,	180, 90, R, A	
P2	300.0, 0.0,	180, 90, R, A	
P3	300.0, 75.0,	180, 90, R, A	
P4	300.0, 150.0,	180, 90, R, A	
P5	300.0, 75.0,	180, 90, R, A	
P7	300.0, -75.0,	180, 90, R, A	
P8	300.0, -150.0,	180, 90, R, A	
P9	300.0, -75.0,	180, 90, R, A	

Obr. 3.2.6-1 Seznam pozic

3.2.7 Okno se zprávami

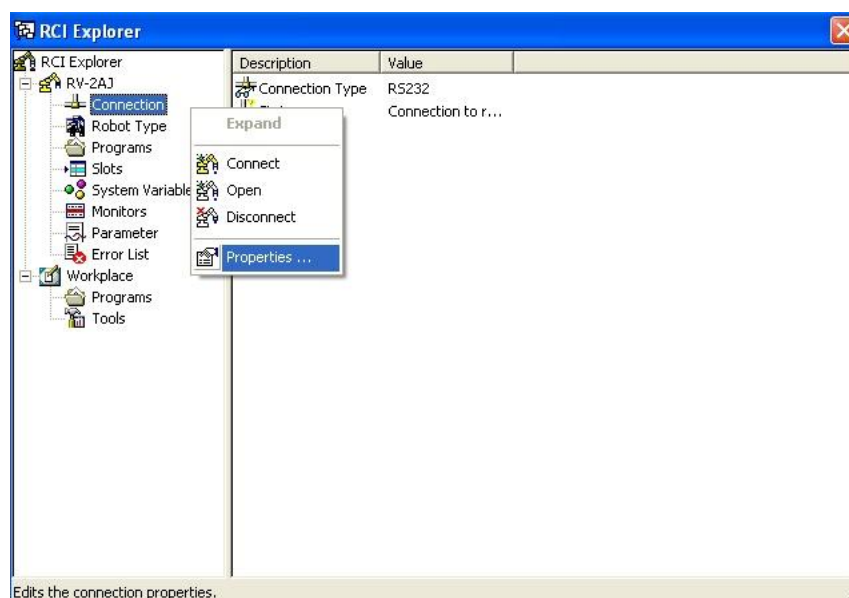
Zde se zobrazují různé údaje při práci s robotem, jako například průběh spojení, chybové a varovné hlášení apod.



Obr. 3.2.7-1 Okno zpráv

3.3 Navázání spojení

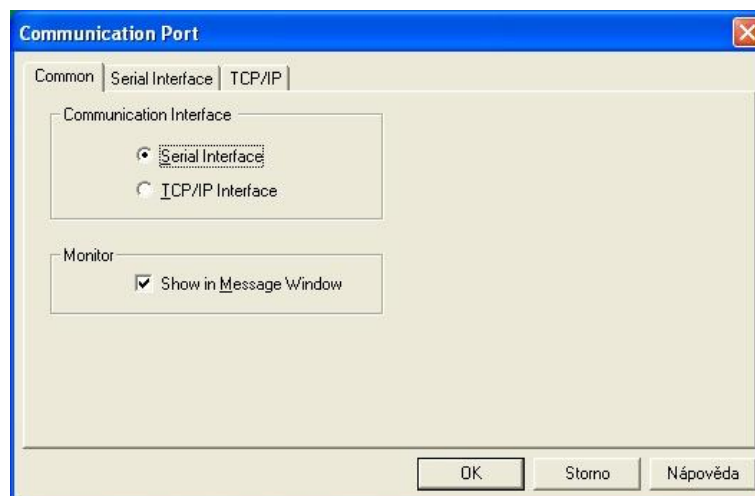
Po vytvoření nového projektu je třeba provést spojení PC s řídicí jednotkou. K tomu použijeme okno RCI Exploreru. Klikněte pravým tlačítkem myši na položku Connection a z roletového menu, které se objeví, vyberte možnost Properties.



Obr. 3.3-1 Zobrazení okna vlastností připojení

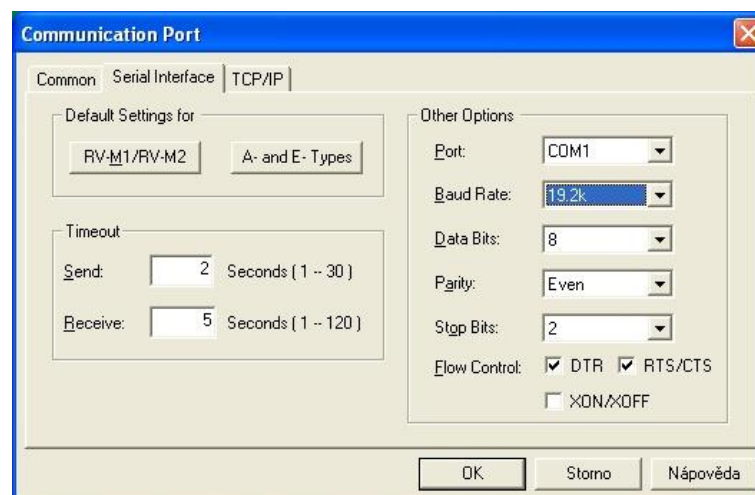
Zobrazí se okno se třemi záložkami nazvané „Communication port“. V první záložce nazvané „Common“ (viz. Obr. 3.3-2) máme možnost vybrat nastavení podle použitého připojení. Buď skrze sériový kabel, nebo přes síťový kabel. My jenom

zkontrolujeme zaškrtnutí políčka „Serial Interface“ a přepneme se do záložky se shodným jménem.



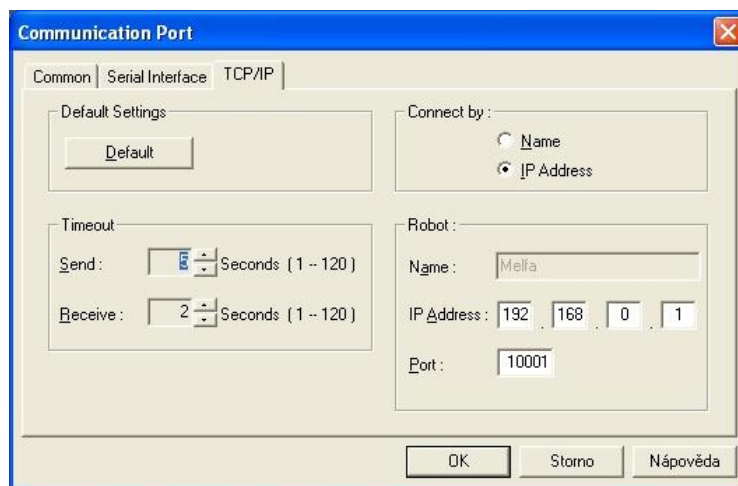
Obr. 3.3-2 Kontrola záložky Common

Zde se zaměříme na kontrolu položky „Port“, u které by měl být vybrán „COM1“ a o řádek níže, nastavíme u položky „Baud Rate“, což značí přenosovou rychlost, hodnotu „19,2k“. Nastavení je patrné z následujícího obrázku.



Obr. 3.3-3 Nastavení rychlosti portu na druhé záložce

Jen pro přehled uvádím náhled třetí záložky, ve které ovšem nic nenastavujeme. Tato záložka s názvem „TCP/IP“ slouží k nastavení parametrů připojení, ale pouze tehdy když v záložce „Common“, zaškrtneme shodně nazvané políčko.



Obr. 3.3-4 Záložka TCP/IP

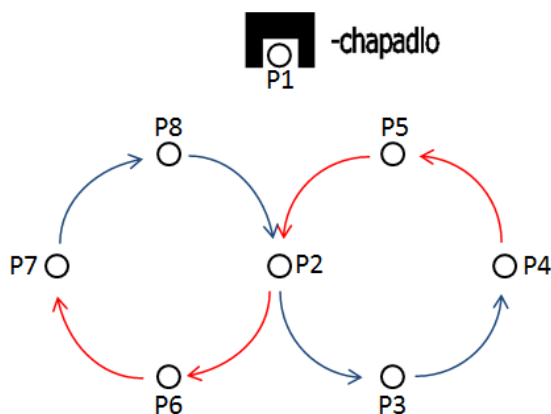
. Nakonec navážeme spojení pomocí příkazu „Connect“ z roletového menu (viz. Obr. 3.3-1), případně pomocí ikony „Init Connection“ z panelu nástrojů. Úspěšné spojení PC s řídicí jednotkou je potvrzeno následujícím obrázkem, který potvrdíme stisknutím „OK“.



Obr. 3.3-5 Okno úspěšného spojení

3.4 Tvorba programu

V této kapitole vysvětlím postup zápisu vzorového programu jak pomocí ovládacího panelu, tak pomocí PC skrze prostředí COSIROP. Pro jednoduchost jsem zvolil trajektorii tvaru osmičky. Výchozí pozice chapadla a pořadí jednotlivých bodů lze vidět na Obr. 3.4-1.



Obr. 3.4-1 Pořadí bodů v programu

Tab. 3.4-1 Zápis vlastního programu

Zápis programu		Popis
10 SERVO ON	-	Zapnutí servopohonů
20 OVRD 60	-	Omezení rychlosti na 60% maximální rychlosti
30 MOV P1	-	Přesun kruhovou interpolací do výchozího bodu
40 MVS P2	-	Přesun lineární interpolací do bodu P2
50 DLY 1	-	Vyčkání
60 CNT 1	-	Aktivace spojitého pohybu
70 MVR P2, P3, P4	-	Přesun kruhovou interpolací z bodu P2 do bodu P4 přes bod P3
80 MVR P4, P5, P2	-	Přesun kruhovou interpolací z bodu P4 do bodu P2 přes bod P5
90 MVR P2, P6, P7	-	Přesun kruhovou interpolací z bodu P2 do bodu P7 přes bod P6
100 MVR P7, P8, P2	-	Přesun kruhovou interpolací z bodu P7 do bodu P2 přes bod P8
110 DLY 1	-	Vyčkání
120 CNT 0	-	Deaktivace spojitého pohybu
130 MVS P1	-	Přesun lineární interpolací do výchozího bodu
140 SERVO OFF	-	Vypnutí servopohonů
150 END	-	Konec programu

3.4.1 Pomocí ovládacího panelu

Aby bylo možné používat ovládací panel k tvorbě úloh, je třeba nejdříve nastavit přepínač režimu „MODE“ na řídicí jednotce do pozice „TEACH“. Dále pak musíme nastavit klíč na ovládacím panelu do polohy „ENABLE“.

Základy práce s ovládacím panelem

- Vkládání znaků

Na každé klávese jsou v pravém dolním rohu uvedeny znaky (ve skupině po třech), které je možné vkládat. Pro vložení znaku je nutné držet stlačenou klávesu „CHAR“ a stisknout klávesu obsahující požadovaný znak. Po každém stisknutí klávesy s příslušnými znaky, samozřejmě při stlačení klávesy „CHAR“, se znaky postupně v pořadí uvedeném na klávese zobrazují na displeji. Uvolněním klávesy „CHAR“ se požadovaný znak vloží.

- Vkládání příkazů

Příkazy lze vkládat po jednom znaku (např., jako "M" "O" "V" pro příkaz MOV). Pokud se uvede počáteční znak daného příkazu je možné si požadovaný příkaz vybrat pomocí číslice ze zobrazeného seznamu příkazů. Po vložení počátečního znaku daného příkazu stiskněte klávesu „CHAR“. Zobrazí se seznam příkazů. Při stisknutí klávesy „CHAR“ stiskněte klávesu s číslem, pod kterým je vybraný příkaz uveden v seznamu. Příkaz bude zvolen. Pokud se požadovaný příkaz nenachází v prvním vyvolaném seznamu, stiskněte klávesu „CHAR“ ještě jednou pro přechod na další stránku nabídky.

- Zobrazení předchozího a následujícího příkazového řádku

Předchozí řádek zobrazíte stisknutím klávesy „BACKWD“ a následující řádek stisknutím klávesy „FORWD“.

- Zobrazení požadovaného řádku

Stiskněte klávesu „ADD“ a přesuňte kurzor na položku LN. Číslo řádku, které chcete zobrazit, zadejte do kulatých závorek a poté stiskněte klávesu „INP“. Objeví se požadovaný řádek.

- Pohyb kurzoru

Když se kurzor nachází v příkazovém řádku, je možné příkaz upravovat. Pokud je za označením LN: v kulatých závorkách zobrazena číslice, je to zvolený řádek. Kurzor se přemísťuje klávesami „ADD“, „RPL“, „DEL“ a „HAND“, vždy ve směru vyobrazených šipek.

- Vyvolání čísla řádku

Když chcete zvolit a vyvolat číslo řádku, přesuňte kurzor do kulatých závorek za označení LN, napište číslici požadovaného řádku a poté stiskněte klávesu „INP“. V zobrazeném řádku se lze v textu pohybovat nahoru nebo dolů (rolovat) pomocí stlačování kláves „FORWD“ nebo „BACKWD“.

- Oprava znaků

Přesuňte kurzor vpravo od nesprávného znaku a stiskněte klávesu „DEL“, mažou se znaky směrem doleva. Potom vložte správný znak.

- Činnost po opravných změnách programu

Po úpravách programu zajistěte uložení provedených operací stisknutím klávesy „MENU“ a proveďte, že obsah programu je změněn správně.

- Přepínání mezi obrazovkou editace příkazů a obrazovkou editace dat pozice

Úprava příkazů se provádí v "obrazovce úprav programů" v módu úpravy příkazu a úprava pozic se provádí v "obrazovce úprav pozičních dat". Přepnutí z "obrazovky úprav programů" v módu úpravy příkazu do "obrazovky úprav pozičních dat" se provede tak, že při stlačení klávese „POS“ stisknete klávesu „ADD“ nebo „RPL“. Jestliže se nezobrazuje kurzor, stiskněte klávesu „COND“ a poté klávesu „POS“. Kurzor se zobrazí.

Naučení bodů programu

Nejdříve nastavte ramena a efektoru robotu do polohy, ve které chcete uložit bod dále využitelný ve vytvářeném programu. V základní nabídce „MENU“ stiskněte klávesu s číslicí 1. Objeví se obrazovka „TEACH“ výběru programů s pokynem

„ZVOLTE PROGRAM – SELECT PROGRAM“. Budeme vytvářet první program, a proto vybereme klávesu s číslicí 1. Bude následovat obrazovka „ÚPRAV PROGRAMŮ“ se záhlavím a vybraným programem označeným číslicí 1. Dále při současném držení klávesy „POS“ stiskněte klávesu „ADD“ nebo „RPL“. Objeví se obrazovka „Úprav pozičních dat“.

Do závorek za výrazem „MO.POS“ zadejte znaky „P1“ a následně stiskněte klávesu „INP“. Dojde k vyvolání proměnné označené „P1“ a zobrazí se její aktuální záznam hodnot všech souřadnic. Při stisknutí klávese „STEP“ zmáčkněte klávesu „ADD“ nebo „RPL“ a hned tuto klávesu uvolněte. Rozezní se bzučák a na obrazovce se objeví potvrzovací zpráva. Opakujte stisk klávesy „ADD“ nebo „RPL“ ještě jednou, dojde k opětovnému rozeznění bzučáku a k objevení zprávy „ADDING“ na obrazovce. Tímto je zaznamenána aktuální pozice.

Vlastní zápis

V základní nabídce „MENU“ stiskněte klávesu s číslicí 1. Objeví se obrazovka „TEACH“ výběru programů s pokynem „ZVOLTE PROGRAM – SELECT PROGRAM“. Budeme vytvářet první program, a proto vybereme klávesu s číslicí 1. Bude následovat obrazovka „ÚPRAV PROGRAMŮ“ se záhlavím a vybraným programem označeným číslicí 1.

Třikrát stiskněte klávesu „RPL“. Kurzor se přemístí na řádek úpravy příkazu. Stlačte klávesy „1“, „0“ a „SPACE“. Vloží se číslo řádku „10“ vznikajícího programu. Při stlačení klávese „CHAR“ stiskněte 1x klávesu „Y/MNO“. Na displeji se objeví znak „M“. Uvolněte klávesu „CHAR“ a poté ji znovu stiskněte a přidržte stlačenou. Objeví se nabídka čtyř příkazů s počátečním písmenem „M“. Při stlačení klávese „CHAR“ stiskněte klávesu „1“. Vloží se příkaz „MOV“. Při stlačení klávese „CHAR“ stiskněte - 1x klávesu „-X/PQR“, poté uvolněte klávesu „CHAR“. Vloží se znak „P“. Stiskněte klávesu „1“. Vloží se znak „1“. Stiskněte klávesu „INP“. Vloží se jeden řádek programu „10 MVS P1“. Zbývající program vytvořte a uložte stejným způsobem.

Oprava příkazu

Podle tohoto postupu dojde ke změně příkazu v řádku 10 na lineární interpolaci tak, aby program proběhl podle zadání. Stiskněte klávesu „RPL“ a přesuňte kurzor do příkazového řádku. 6x po sobě stiskněte klávesu „HAND“, tím přesunete kurzor doprava na znak „V“. Při stlačení klávese „CHAR“ stiskněte 2x klávesu „DEL“ a vymažte znaky „OV“. Zobrazený zůstane pouze znak „M“. Přidržte stlačenou klávesu „CHAR“. Objeví se nabídka čtyř příkazů s počátečním písmenem „M“. Při stlačení klávese „CHAR“ stiskněte klávesu s číslicí „2“, tím vyberete příkaz „MVS“. Vloží se příkaz MVS. Stiskněte klávesu „INP“ a nastavte číslo řádku 10. Na obrazovce se objeví následující řádek. Po ukončení úprav příkazu stiskněte klávesu „MENU“, čímž se změna uloží.

Ladění programu

Po každém úspěšném vytvoření požadovaného programu je třeba tento program odladit, aby se zamezilo případným kolizím. Tuto činnost je možné realizovat pomocí ovládacího panelu. Stiskněte klávesu „COND“, dojde k přepnutí do obrazovky „Úprav programů“ a režimu úpravy příkazu. Při stisknutí klávese „FORWD“ nebo „BACKWRD“, přidržujte stlačenou klávesu „EXE“. Rameno robotu se začne přesouvat na zadanou pozici. Po dokončení zpracování jednoho řádku se rameno robotu zastaví a na displeji dojde k zobrazení dalšího řádku. K zastavení ramena robotu dojde i při dřívějším uvolnění tlačítka „EXE“, na což je třeba si dát pozor. Krokováním se prochází program řádek po řádku. Rychlost pohybu ramene je malá a robot zastaví po každém řádku tak, aby se prověřil program a každá provozní pozice.

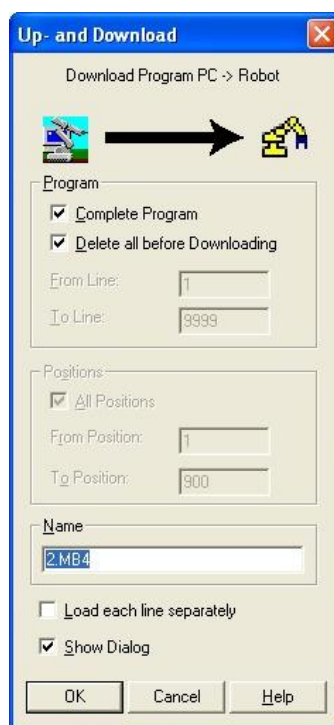
3.4.2 V prostředí COSIROP

Tato volba tvorby programu je příjemnější z hlediska grafického rozhraní a v mnoha ohledech i rychlejší. Po vytvoření nového projektu, lze zápis z Tab. 3.4-1 přímo zapsat do, k tomu určenému, okna viz. Obr. 3.2.4-1. U tohoto způsobu není třeba nějak hlouběji znát programovací jazyk. Všechny příkazy jsou přehledně seřazeny v nápovědě softwaru COSIROP.

3.5 Zkopírování programu a seznamu pozic do řídicí jednotky

Již vytvořený program se seznamem pozic je třeba nahrát do volné pozice v řídicí jednotce. Zde je nutné, aby seznam pozic měl shodný název s vlastním programem. Jinak program nebude funkční.

Klikněte do pole se zdrojovým kódem programu a na panelu nástrojů klikněte na ikonu „Download“. Objeví se dialogové okno s názvem „Up- and Download“, ve kterém není třeba nic měnit. Stačí potvrdit stiskem OK.



Obr. 3.5-1 Upload programu do řídicí jednotky

To samé je třeba udělat i se seznamem pozic. Takže klikneme do okna s tímto seznamem a opakujeme postup.

3.6 Spuštění programu

3.6.1 Pomocí řídicí jednotky

Nastavení provozní rychlosti

Nejdříve je třeba 2x stisknout klávesu změny displeje „CHNG DISP“, na displeji „STATUS NUMBER“ se zobrazí režim provozní rychlosti „OVERRIDE“. Po každém stisknutí klávesy „UP“ se bude hodnota provozní rychlosti zvyšovat v posloupnosti 10 - 20 - 30 - 40 - 50 - 60 - 70 - 80 - 90 - 100%. V opačné posloupnosti se bude provozní rychlost snižovat při každém stisknutí klávesy „DOWN“.

Rychlost lze nastavit i z ovládacího panelu. Stisknutím kombinace kláves „STEP/MOVE“ s klávesou „+“ dojde ke zvýšení provozní rychlosti v posloupnosti LOW – HIGH – 3 – 5 – 10 – 30 – 50 – 70 – 100%. Stisknutím kláves „STEP/MOVE“ s klávesou „-“ dojde ke snížení provozní rychlosti v opačné posloupnosti. Aktuálně nastavená rychlost je zobrazena v pravém horním rohu obrazovky.

Výběr programu

Po stisku klávesy změny displeje „CHNG DISP“, na displeji „STATUS NUMBER“ se zobrazí režim číslo programu „PROGRAM NO.". Číslo uložených programů v řídicí jednotce budou rolovat v posloupnosti vzhůru po stisku klávesy „UP“, opačným směrem po stisknutí klávesy „DOWN“. Zobrazené číslo programu se použije při automatickém provozu. Označení programu se nezobrazí, pokud je název určeného programu tvořen pěti a více znaky. Pokud jsou programy vybírány z externího zařízení, zobrazí se „P - - - - ".

Spuštění a zastavení automatického provozu

Před uvedením robotu do automatického provozu je třeba zkontrolovat, jestli v blízkosti ramene robotu není nikdo z obsluhy, nebo nějaký nežádoucí předmět. Dále je třeba zajistit správné umístění objektu manipulace v určené pozici a prověřit správnost programu krokováním řádek po řádku.

Je nutné nastavit klíč na ovládacím panelu do polohy „DISABLE“. Dále se musí nastavit přepínač režimu „MODE“ do pozice ovládání z čelního panelu „AUTO (Op.)“. Stisknutím klávesy „START“ na řídicí jednotce bude spuštěn automatický provoz

(trvalý provoz). Při stisknutí klávesy „END“ během automatického provozu, se program zastaví po jednom cyklu. V průběhu zastavování programu bliká LED dioda.

3.6.2 Softwarem COSIROP

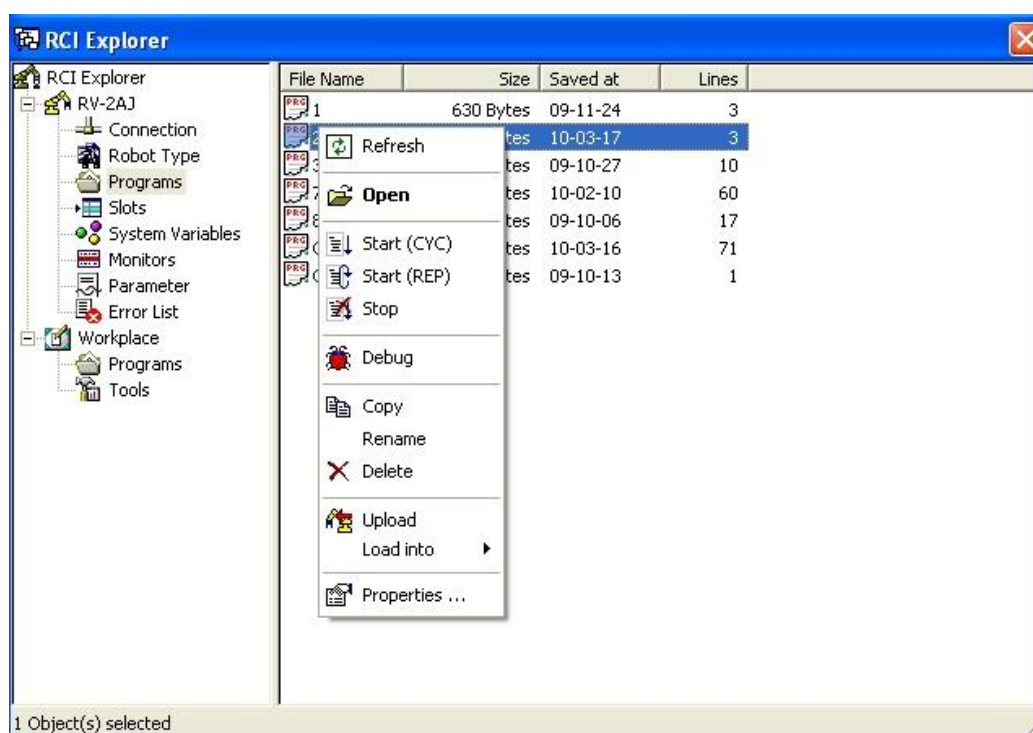
Vybereme program v paměti řídicí jednotky a klikneme na něj pravým tlačítkem myši. Zobrazí se dialogové okno, ze kterého máme možnost vybrat tyto možnosti:

Start (CYC) - spustí program a vykoná jej pouze jednou.

Start (REP) - spustí program a vykoná jej ve smyčce. Program se bude vykonávat, dokud není zastaven obsluhou.

Stop – probíhající program bude ihned ukončen

Debug – nabízí možnost ladění programu



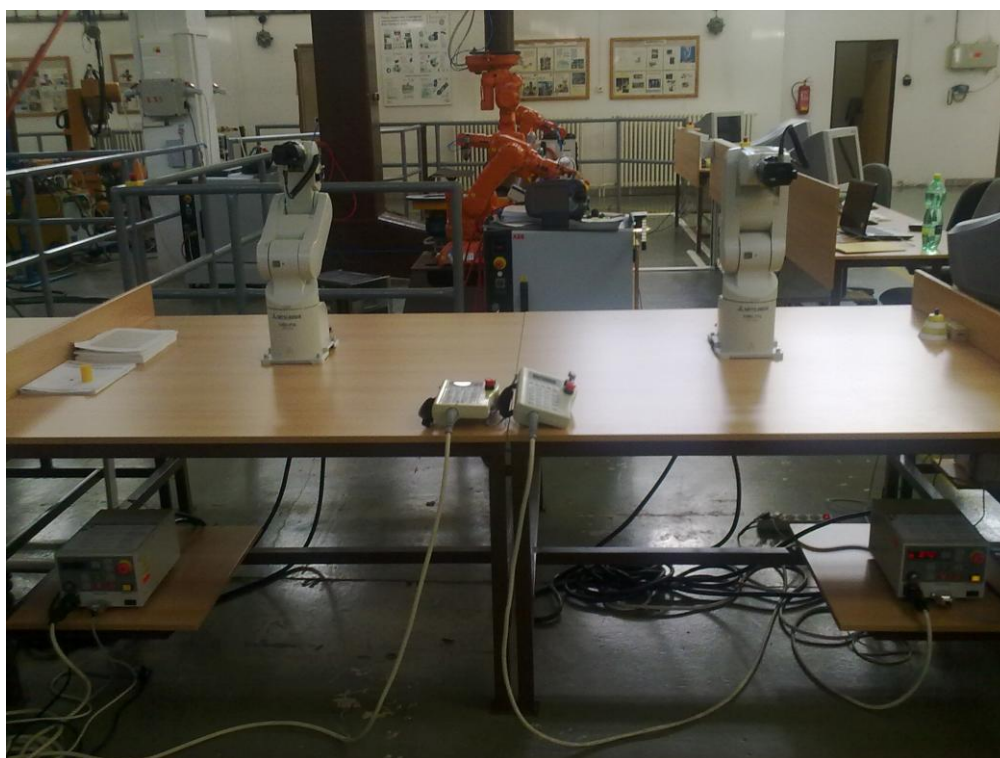
Obr. 3.6.2-1 Postup spuštění programu

4 Návrh výukového RTP

Při návrhu RTP jsem vycházel ze současného dispozičního uspořádání obou robotů Mitsubishi na UCR (viz. Obr. 4-1). K tomuto jsem se snažil vybrat a umístit periferie tak, aby byla v budoucnu možná realizace.

Jakožto první periferii jsem použil otočný montážní stůl firmy FESTO s označením DHTG-220-4-A. Tento stůl nabízí průměr talíře 220 mm, natáčení v krocích po 90° a snímání poloh pomocí čidel. Umístění jsem zvolil mezi roboty Mitsubishi, aby byly manipulačně v rovnováze a nečinil jim dosah žádný problém.

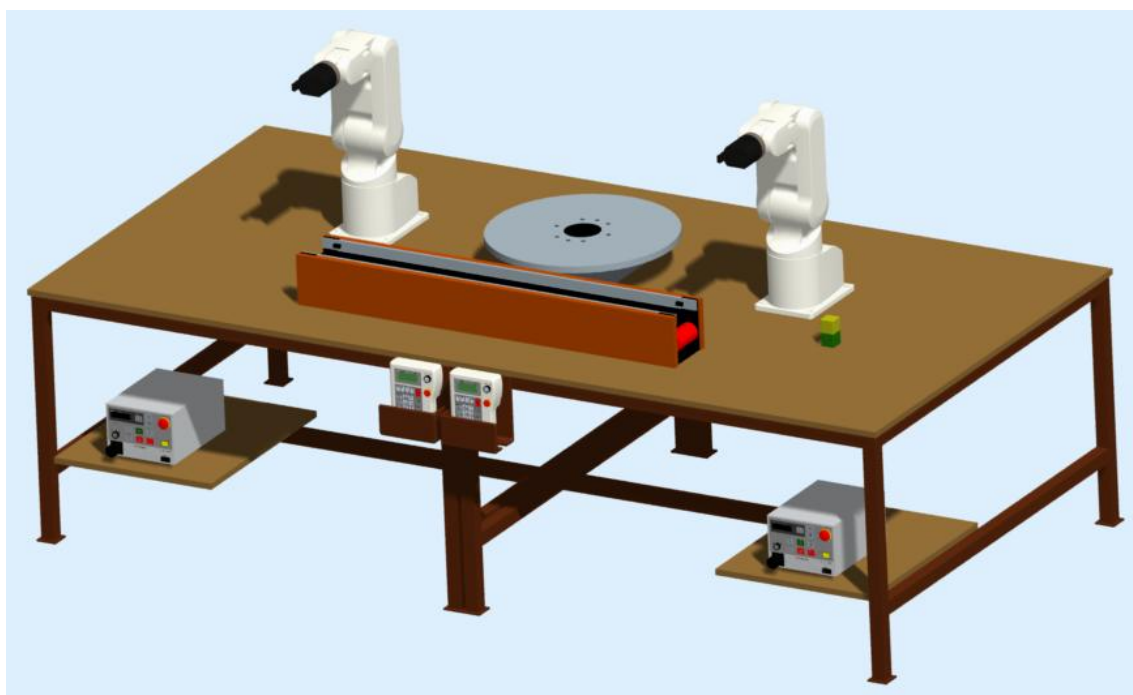
Druhou periferii jsem navrhl použití pásového dopravníku. Rozměrově jsem vycházel ze stávajícího pásového dopravníku, nacházejícího se na UCR u portálového robotu BUR&NOS. Jedinou změnou u tohoto dopravníku je jeho délka, kterou jsem zdvojnásobil, a to hlavně z důvodu snadnějšího pohybu součástí.



Obr. 4-1 Současná dispozice robotů Mitsubishi

Pracovní činnost v tomto RTP (viz. Obr. 4-2) bude čistě montážní, bez použití jakýchkoliv přípravků a činitelů sloužících ke spojení součástí. Dojde zde ke smontování sestavy ze tří kusů. Montáž bude mít na starost robot z pohledu pozorovatele umístěný vpravo. Po smontování, přemístí tento celek na otočný stůl, ze kterého si jej odebere druhý robot. Následně provede rozebrání celku a postupně jednotlivé díly uloží na pásový dopravník, kterým se přemístí zpět k prvnímu robotu.

Tyto díly umístí do výchozích bodů, sám odjede do referenční polohy a úloha může skončit, nebo pokračovat cyklicky.



Obr. 4-2 Navržené RTP

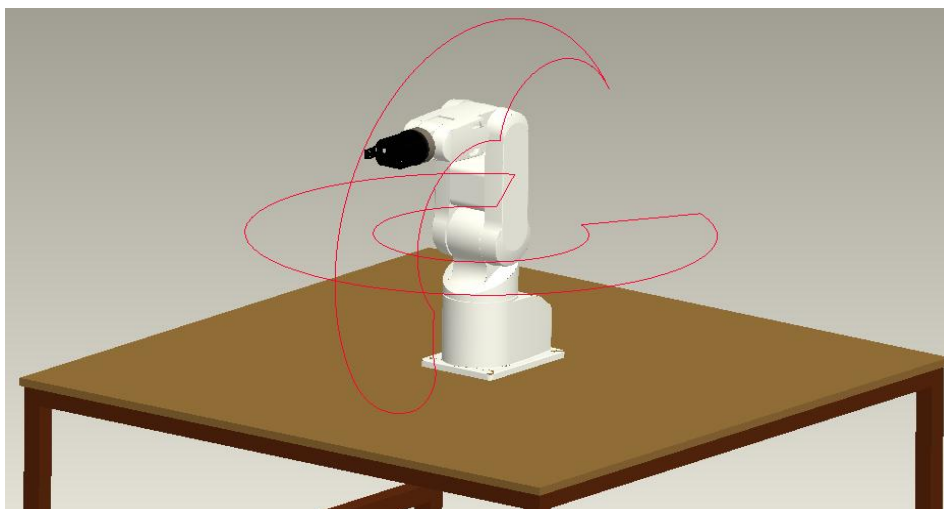
5 Vzorové úlohy

V této kapitole jsou postupně popsány vzorové úlohy, které vznikly jako součást diplomové práce. Tyto úlohy mohou sloužit k demonstraci pohybových schopností robotu Mitsubishi RV-2AJ, nebo mohou sloužit jako součást výuky. V druhém případě mohou tyto úlohy být zadáním samostatných prací, ve kterých by se studenti snažili napsat ovládací program vedoucí ke splnění zadaného úkolu. Dalším možným využitím těchto úloh, konkrétně druhé, by mohlo být spuštění například při dni otevřených dveří. Robot by skládal kostky a prezentoval katedru s uvedením jejího názvu a webových stránek.

Ve druhé a třetí úloze jsou jako objekt manipulace použity dřevěné kostky o hraně 40mm. Tyto kostky jsou na některých stranách potištěny písmeny tak, aby bylo ve druhé úloze možné sestavit požadované nápisy. Kostky jsou zároveň očíslovány pro snadnější rozestavění.

5.1 Opsání pracovního prostoru

První úkol robotu spočívá v tom, aby projel svůj pracovní prostor. Tato úloha je spíše jen k demonstraci dosahu jeho ramen. Potřebné rozměry jsou uvedeny v úvodu diplomové práce, nebo se dají nalézt v dokumentaci, nacházející se u robotu.



Obr. 5.1-1 Grafická vizualizace první úlohy

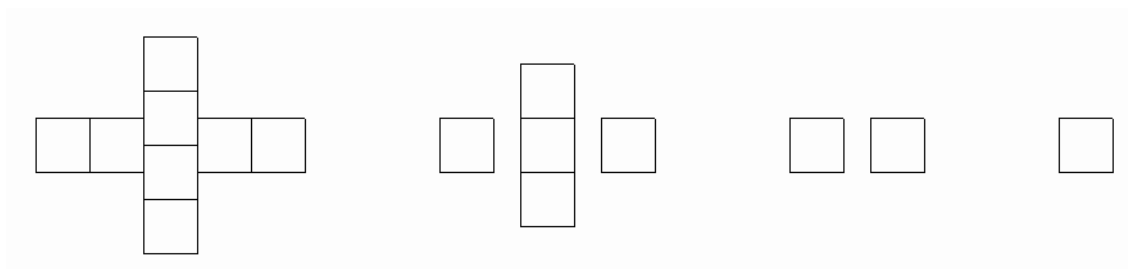
5.2 Sestavení nápisu z kostek

Na začátku úlohy sestaví obsluha kostky v daném pořadí na předem stanovené místo do pyramidy. Následně robot tyto kostky odebírá a postupně z nich sestaví čtyři nápisy patrné z následujícího obrázku.

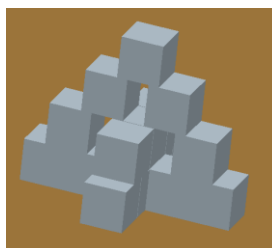
			K	A	T	-	3	5	4			
			K	A	T	E	D	R	A			
R	O	B	O	T	O	T	E	CH	N	I	K	Y
r	o	b	o	t	.	v	s	b	.	c	z	

Obr. 5.2-1 Seznam skládaných nápisů

Po sestavení nápisu „KAT-354“ chvíli vyčká, rozebere tento nápis a složí v pořadí druhý „KATEDRA“. Zase chvíli vyčká a postupuje k třetímu a následně čtvrtému nápisu. Po složení posledního nápisu robot uspořádá nepoužité kostky a odjede do výchozí polohy.



Obr. 5.2-2 Uspořádání jednotlivých pater pyramidy z kostek



Obr. 5.2-3 Výsledná pyramida

5.3 Paletizace kostek

Kostky jsou na začátku úlohy sestavené do tří sloupců, ze kterých je bude robot odebírat a skladovat na místo, definované jako paleta. Bude zde ukázáno více možností ukládání objektů na paletu.

- Směr postupu – cikcak

16	15	14	13
9	10	11	12
8	7	6	5
1	2	3	4

Obr. 5.3-1 Paletování cikcak

- Směr postupu – stejný

13	14	15	16
9	10	11	12
5	6	7	8
1	2	3	4

Obr. 5.3-2 Paletování stejným směrem

6 Závěr

V první kapitole jsem se věnoval rozdělení robotů a manipulátorů z několika hlavních hledisek jako jsou počet stupňů volnosti, druh použitého pohonu, tvar pracovního prostoru atd. Následně jsem se podrobněji podíval na možné typy kinematických struktur s vyobrazením příkladu a schematického nákresu.

Další kapitola se věnuje stručnému popisu programu MELFA firmy Mitsubishi. Pokračuje podrobnějším popisem robotu tohoto výrobce, konkrétně jde o typ RV-2AJ. Všechny důležité parametry jsem seřadil do přehledné tabulky, která je rovněž součástí této kapitoly. Zároveň jsem tento robot porovnal s roboty dalších výrobců. Jmenovitě to jsou ABB, Motoman, Kuka a Fanuc. Toto srovnání jsem provedl podle údajů, které jsou typické pro každý robot, a shrnul do další tabulky.

Třetí kapitola obsahuje popis programovacího softwaru COSIROP. Je v ní popsána tvorba projektu a následně popis pracovního prostředí. Dále jsou zde uvedeny základní operace, jako jsou spojení PC a řídicí jednotky, možnosti ovládaní robotu, přenos vytvořeného programu včetně seznamu pozic do řídicí jednotky, spuštění programu a mnoho dalších.

V mé diplomové práci jsem se rovněž zabýval návrhem robotizovaného technologického pracoviště, což připadlo na čtvrtou kapitolu. Při řešení tohoto úkolu jsem vycházel ze stávající dispozice dvou kompaktních průmyslových robotů Mitsubishi RV-2AJ, nacházejících se na Centru robotiky. Tyto roboty disponují nosností 2kg, čemuž jsem musel přizpůsobit volbu objektu manipulace a volbu materiálu.

Poslední pátá kapitola zahrnuje výukové úlohy vytvořené pro výše zmíněný robot. Jen pro přehled, první úloha demonstruje dosah ramen robotu, v druhé úloze robot skládá nápisy z kostek a ve třetí úloze jsou předvedeny paletizační schopnosti robotu. Jediná překážka, na kterou jsem při programování narazil, byla singulární poloha ramen, které jsem si při vkládání bodů nevšiml. Následným krokováním jsem na tuto nepříznivou polohu přišel a nahradil nepříznivé body.

Seznam použité literatury

- [1] SKAŘUPA, Jiří. PRŮMYSLOVÉ ROBOTY A MANIPULÁTORY [ONLINE]. OSTRAVA : EDIČNÍ STŘEDISKO VŠB – TUO, 2007 [CIT. 2010-08-16]. DOSTUPNÉ Z WWW: <[HTTP://ROBOT.VSB.CZ/PODKLADY-PRO-VYUKU/](http://robot.vsb.cz/podklady-pro-vyuku/)>. ISBN 978-80-248-1522-0.
- [2] MELFA INDUSTRIAL ROBOTS [ONLINE]. GERMANY : [S.N.], 2009 [CIT. 2010-08-16]. DOSTUPNÉ Z WWW: <[HTTPS://MY.MITSUBISHIAUTOMATION.COM/DOWNLOADS_SHOW.PHP?PORTAL_ID=11&DOC_TYPE=CAT+TECH+LEAFLET&SSTR=SOFTWARE](https://my.mitsubishiautomation.com/downloads_show.php?portal_id=11&doc_type=cat+tech+leaflet&sstr=software)>.
- [3] AUTOCONT. AUTOMA [ONLINE]. c2010 [CIT. 2010-08-16]. NOVÝ, MENŠÍ A VÝKONNĚJŠÍ ROBOT MELFA RV-2AJ. DOSTUPNÉ Z WWW: <[HTTP://WWW.ODBORNECASOPISY.CZ/INDEX.PHP?ID_DOCUMENT=28493](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=28493)>.
- [4] AUTOCONT CONTROL SYSTEMS [ONLINE]. c2003-2006 [CIT. 2010-08-22]. TECHNICKÁ SPECIFIKACE ROBOTŮ RV-A. DOSTUPNÉ Z WWW: <[HTTP://WWW.AUTOCONTCONTROL.CZ/RS/DOWNLOAD/MANUAL/TECHNICKA_SPECIFIKACE_RV-A.HTM](http://www.autocontcontrol.cz/rs/download/manual/technicka_specifikace_rv-a.htm)>.
- [5] RV-2A/RV-3AJ : SPECIFICATIONS MANUAL [ONLINE]. GERMANY : [S.N.], 13.6.2002 [CIT. 2010-08-16]. DOSTUPNÉ Z WWW: <[HTTPS://MY.MITSUBISHIAUTOMATION.COM/DOWNLOADS_SHOW.PHP?&DOC_TYPE=MAN&SCAT=2&SPROD=6&SSTR=&BT_SUBMIT=VYHLEDAT%20/%20P%C5%99EHLED&PORTAL_ID=11&PHPSESSID=i4287OJEAi962T4TTN4AU3CBN3](https://my.mitsubishiautomation.com/downloads_show.php?&doc_type=man&scat=2&sprod=6&sstr=&bt_submit=vhledat%20/%20p%C5%99ehled&portal_id=11&phpsessid=i4287ojeai962t4ttt4au3cbn3)>.
- [6] ABB [ONLINE]. c2010 [CIT. 2010-08-16]. ABB IRB 120. DOSTUPNÉ Z WWW: <[HTTP://WWW.ABB.CZ/PRODUCT/SEITP327/BE2EEEF38406EACA4C125762000319182.ASPX](http://www.abb.cz/product/seitp327/be2eeef38406eaca4c125762000319182.aspx)>.
- [7] YASKAWA MOTOMAN [ONLINE]. c2010 [CIT. 2010-08-16]. HP3XF. DOSTUPNÉ Z WWW: <[HTTP://WWW.MOTOMAN.EU/CZ/PRODUKTY/ROBOTY/HP3XF/](http://www.motoman.eu/cz/produkty/roboty/hp3xf/)>.

- [8] KUKA PRŮMYSLOVÉ ROBOTY [ONLINE]. c2010 [CIT. 2010-08-16]. KR 5 SIXX R850. DOSTUPNÉ Z WWW:
<[HTTP://WWW.KUKAROBOTICS.COM/CZECH_REPUBLIC/CS/PRODUCTS/INDUSTRIAL_ROBOTS/SMALL_ROBOTS/KR5_SIXX_R850/START.HTM](http://www.kukarobotics.com/czech_republic/cs/products/industrial_robots/small_robots/kr5_sixx_r850/start.htm)>.
- [9] FANUC ROBOTICS EUROPE [ONLINE]. c2009 [CIT. 2010-08-16]. M-10iA. DOSTUPNÉ Z WWW:
<[HTTP://WWW.FANUCROBOTICS.CZ/CS/PRODUCTS/A_INDUSTRIAL-ROBOTS/M-10iA.ASPX](http://www.fanucrobotics.cz/cs/products/a_industrial-robots/m-10ia.aspx)>.
- [10] CR1/CR2/CR4/CR7/CR8/CR9 : NÁVOD K OBSLUZE [ONLINE]. GERMANY : [S.N.], 1.2.2008 [CIT. 2010-08-16]. DOSTUPNÉ Z WWW: <[HTTPS://MY.MITSUBISHIAUTOMATION.COM/DOWNLOADS_SHOW.PHP?&DOC_TYPE=MAN&SCAT=12&SPROD=6&SSTR=&BT_SUBMIT=VYHLEDAT%20/%20P%C5%99EHLED&PORTAL_ID=11&PHPSESSID=i4287OJEAi962T4TTN4AU3CBN3](https://my.mitsubishiautomation.com/downloads_show.php?&doc_type=man&scat=12&spod=6&sstr=&bt_submit=vhledat%20/%20p%C5%99ehled&portal_id=11&phpsessid=i4287ojeai962t4ttt4au3cbn3)>.
- [11] COSIROP : FIRST STEPS [ONLINE]. GERMANY : [S.N.], 10.2004 [CIT. 2010-08-16]. DOSTUPNÉ Z WWW:
<[HTTPS://MY.MITSUBISHIAUTOMATION.COM/DOWNLOADS_SHOW.PHP?&DOC_TYPE=MAN&SCAT=2&SPROD=7&SSTR=&BT_SUBMIT=VYHLEDAT%20/%20P%C5%99EHLED&PORTAL_ID=11&PHPSESSID=i4287OJEAi962T4TTN4AU3CBN3](https://my.mitsubishiautomation.com/downloads_show.php?&doc_type=man&scat=2&spod=7&sstr=&bt_submit=vhledat%20/%20p%C5%99ehled&portal_id=11&phpsessid=i4287ojeai962t4ttt4au3cbn3)>.

Seznam obrázků

<i>Popis</i>	<i>Strana</i>
Obr. 1.2-1 Struktura TTT	4
Obr. 1.2-2 Struktura RTT	5
Obr. 1.2-3 Struktura RRT	5
Obr. 1.2-4 Struktura RRR	6
Obr. 1.2-5 Struktura RRT	6
Obr. 1.2-6 Flexibilní struktura	7
Obr. 1.2-7 Struktura TTT (portálový manipulátor)	7
Obr. 2-1 Skupina robotů Mitsubishi Melfa	8
Obr. 2.1-1 Znázornění pohybových os	9
Obr. 2.1.1-1 Pracovní prostor robotu RV-2AJ	11
Obr. 2.2-1 Rozměry a základní popis	12
Obr. 2.2-2 Rozložení kláves a hlavních funkcí	13
Obr. 2.2-3 Zadní strana	14
Obr. 2.3-1 Řídicí jednotka CR1	15
Obr. 2.4.1-1 ABB IRB 120	17
Obr. 2.4.1-2 Pracovní prostor robotu ABB	18
Obr. 2.4.2-1 Motoman HP3XF	18
Obr. 2.4.2-2 Pracovní prostor robotu Motoman	19
Obr. 2.4.3-1 Kuka KR5 sixx R850	20
Obr. 2.4.3-2 Pracovní prostor robotu Kuka KR5 sixx R850	20
Obr. 2.4.4-1 Fanuc M-10iA	21
Obr. 2.4.4-2 Pracovní prostor robotu Fanuc	21
Obr. 3.1-1 Založení nového projektu	23
Obr. 3.1-2 Postup tvorby projektu	24
Obr. 3.1-3 Výběr typu robotu	24
Obr. 3.1-4 Popis prostředí COSIROP	25
Obr. 5.3.3-1 Okno simulace pracovního prostředí	32
Obr. 3.2.4-1 Okno zápisu programu	33
Obr. 3.2.5-1 RCI Explorer	33
Obr. 3.2.6-1 Seznam pozic	34
Obr. 3.2.7-1 Okno zpráv	35

Obr. 3.3-1 Zobrazení okna vlastností připojení.....	35
Obr. 3.3-2 Kontrola záložky Common	36
Obr. 3.3-3 Nastavení rychlosti portu na druhé záložce.....	36
Obr. 3.3-4 Záložka TCP/IP	37
Obr. 3.3-5 Okno úspěšného spojení.....	37
Obr. 3.4-1 Pořadí bodů v programu.....	38
Obr. 3.5-1 Upload programu do řídicí jednotky.....	43
Obr. 3.6.2-1 Postup spuštění programu	45
Obr. 4-1 Současná dispozice robotů Mitsubishi.....	46
Obr. 4-2 Navržené RTP	47
Obr. 5.1-1 Grafická vizualizace první úlohy.....	48
Obr. 5.2-1 Seznam skládaných nápisů.....	49
Obr. 5.2-2 Uspořádání jednotlivých pater pyramidy z kostek	49
Obr. 5.2-3 Výsledná pyramida	49
Obr. 5.3-1 Paletování cikcak	50
Obr. 5.3-2 Paletování stejným směrem.....	50

Seznam tabulek

<i>Popis</i>	<i>Strana</i>
Tab. 2.1.1-1 Parametry robotu Mitsubishi Melfa RV-2AJ	11
Tab. 2.2-1 Technické parametry.....	12
Tab. 2.4.5-1 Porovnání parametrů PR	23
Tab. 3.4-1 Zápis vlastního programu	38

Seznam zkratk a symbolů

aj.	-	a jiné
apod.	-	a podobně
Obr.	-	obrázek
RRR	-	rotace, rotace, rotace
RRT	-	rotace, rotace, translace
RTP	-	robotizované technologické pracoviště
RTT	-	rotace, translace, translace
Tab.	-	tabulka
TTT	-	translace, translace, translace

Seznam příloh

Příloha A – Vzorová úloha č. 1: Opsání pracovního prostoru

Příloha B – Vzorová úloha č. 2: Sestavení nápisu z kostek

Příloha C – Vzorová úloha č. 3: Paletizace kostek